



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

Όσο μακρύτερα στοχεύουμε στο Διάστημα, τόσο μεγαλύτεροι είναι οι κίνδυνοι και οι προκλήσεις που θα αντιμετωπίσουμε. Η νέα ψηφιακή παράσταση του Ευγενιδείου Πλανηταρίου «Το Μέλλον στο Διάστημα», μετά από μία ιστορική αναδρομή της προσπάθειας για την «κατάκτηση» της Σελήνης, προσπαθεί να απαντήσει σε ορισμένα συναρπαστικά ερωτήματα που σχετίζονται με το μέλλον της διαστημικής εξερεύνησης. Θα κατασκευάσουμε ποτέ διαστημικές βάσεις στην Σελήνη και στον Άρη; Πότε θα υλοποιηθεί η πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον κόκκινο πλανήτη και ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζει; Θα καταφέρουμε ποτέ να διαφύγουμε από τα στενά όρια του Ηλιακού μας συστήματος, ή μήπως τα διαστρικά ταξίδια θα παραμείνουν σενάριο επιστημονικής φαντασίας για πάντα;

Οδηγός Παράστασης

# ΤΟ Μέλλον στο Διάστημα





ΧΡΥΣΟΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ  
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

Οδηγός Παράστασης

ΤΟ  
Μέληθον στο  
Διάστημα

ΑΛΕΞΗ Α. ΔΕΛΗΒΟΡΙΑ  
Αστρονόμου Ευγενιδείου Πλανηταρίου

Αθήνα  
2017

# περιεχόμενα



[Πρόλογος](#) ..... 4



[Εισαγωγή:](#)  
[«Να Εξερευνήσουμε Νέους Κόσμους ...»](#) ..... 6



[Από τη Γη στη Σελήνη](#) ..... 14



[Η Εξερεύνηση του Ηλιακού Συστήματος](#) ..... 24



[Επιστροφή στη Σελήνη και στον Άρη](#) ..... 34

[Επίλογος:](#)  
[Διαστρικά Ταξίδια](#) ..... 44

[Βιβλιογραφία](#) ..... 54

[Συντελεστές Παράστασης](#) ..... 56

# πρόλογος

Το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο του Ιδρύματος Ευγενίδου, ένα από τα μεγαλύτερα και καλύτερα εξοπλισμένα ψηφιακά πλανητάρια στον κόσμο, συμβάλλει στην επιστημονική εκπαίδευση του κοινού της χώρας μας με πολλούς τρόπους, πρωτίστως όμως με τις ψηφιακές του παραγωγές. Από την έναρξη της λειτουργίας του το 2003, χρησιμοποιεί όλες τις δημιουργικές και τεχνικές δυνατότητες που παρέχουν τα σύγχρονα οπτικοακουστικά μέσα και οι νέες τεχνολογίες, τις οποίες συνδυάζει, προκειμένου να αφηγηθεί τα επιτεύγματα και την ιστορία της επιστήμης μ' έναν συναρπαστικό τρόπο. Μέσα από τις παραστάσεις του Πλανηταρίου, το ευρύ κοινό ενημερώνεται για τα κατορθώματα της επιστήμης, τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και διαφωτίζεται σχετικά με τη φύση της επιστημονικής έρευνας.

Η εξερεύνηση του Διαστήματος ήταν πάντα ένα μεγάλο όνειρο των ανθρώπων. Με την αλματώδη εξέλιξη της τεχνολογίας μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο έγιναν τα πρώτα ουσιαστικά βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση. Έτσι σταδιακά, ξεκινώντας από τα μέσα της δεκατίας του '50 και με τον ξέφρενο ανταγωνισμό Αμερικανών και Σοβιετικών, φτάσαμε στην εκτόξευση δορυφόρων, στις αποστολές ανθρώπων στην Σελήνη, στην συναρμολόγηση διαστημικών σταθμών σε τροχιά και στα διαστημικά λεωφορεία. Η ίδρυση διαστημικών υπηρεσιών σε πολλές χώρες ανέπτυξε ακόμα περισσότερο την διαστημική έρευνα, ενώ με τη συνεργασία τους υλοποιήθηκαν φιλόδοξα προγράμματα που δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν αλλιώς. Είναι γεγονός ότι το κόστος της εξερεύνησης του Διαστήματος είναι τεράστιο. Αυτό, όμως, αντισταθμίζεται από πολλαπλάσια οφέλη, τα οποία δεν περιορίζονται στην διεύρυνση των επιστημονικών μας γνώσεων, αλλά εκτείνονται σε πάρα πολλούς τομείς, που μας αφορούν όλους, όπως στην υγεία, στην ασφάλεια, στις τηλεπικοινωνίες, στις μεταφορές κ.ά..

Η μεγάλη αυτή περιπέτεια συνεχίζεται στις μέρες μας και μάλιστα με ακόμα πιο φιλόδοξα σχέδια. Οι διαστημικές υπηρεσίες πολλών χωρών αλλά και ιδιωτικές διαστημικές εταιρείες ήδη σχεδιάζουν μελλοντικές επανδρωμένες αποστολές στην Σελήνη και στον Άρη και ήδη αναλογίζονται τους τρόπους με τους οποίους θα κατορθώσουμε μία μέρα να επισκεφτούμε και άλλα ουράνια σώματα του Ηλιακού μας συστήματος. Παράλληλα, επιστήμονες και μηχανικοί διερευνούν διεξοδικά τις δυνατότητες κατασκευής μόνιμων βάσεων στον φυσικό μας δορυφόρο και στον κόκκινο πλανήτη. Παρόλι' αυτά, τα ταξίδια σε μακρινούς κόσμους εκτός του Ηλιακού μας συστήματος θα παραμείνουν ένα από τα ανεκπλήρωτα όνειρα του ανθρώπου για πολύ καιρό ακόμα. Είναι γεγονός ότι με τις συνεχείς ανακαλύψεις εξωπλανητών και μάλιστα δυνητικά κατοικήσιμων, η επικαιρότητα βομβαρδίζεται από εικασίες και σενάρια για την ύπαρξη μιας νέας Γης της επαγγελίας για τους ανθρώπους. Είναι όμως η σημερινή τεχνολογία ώριμη για τόσο φιλόδοξα σχέδια; Μπορεί ο άνθρωπος να επιβιώσει σε τόσο μακρινά ταξίδια; Έχει νόημα να ξοδεύονται τεράστια ποσά για την διαστημική τεχνολογία, ενώ υπάρχουν τόσα πολλά καθημερινά προβλήματα στον δικό μας πλανήτη; Τέτοια ερωτήματα από τους επισκέπτες και φίλους του Πλανηταρίου καλούμαστε να απαντήσουμε καθημερινά.

Με την παράσταση «Το Μέλλον στο Διάστημα» ολοκληρώνεται η τριλογία παραστάσεων που δημιούργησε το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο με θέμα την εξερεύνηση του Διαστήματος. Η πρώτη παράσταση της τριλογίας, «Από τη Γη στη Σελήνη» που παρουσιάστηκε το 2007, εξιστορούσε τα πρώτα σημαντικά επιτεύγματα του ανθρώπου στο Διάστημα: την

εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου, του Σοβιετικού Σπούτνικ το 1957, τις πρώτες πτήσεις ανθρώπων στο Διάστημα, την κατάκτηση της Σελήνης, μέχρι και την τελευταία επανδρωμένη προσελήνωση του Αμερικανικού προγράμματος Απόλλων το 1972. Το δεύτερο μέρος της τριλογίας, η παράσταση «Η Μεγάλη Περιπέτεια» που παρουσιάστηκε δύο χρόνια αργότερα, εστίαζε στις εξελίξεις από το 1972 και μετά: στις πρώτες κοινές αποστολές Σοβιετικών και Αμερικανών, στους πρώτους διαστημικούς σταθμούς, στο πρόγραμμα των διαστημικών λεωφορείων, καθώς και στα τροχιακά τηλεσκόπια, όπως το Hubble.

Η παράσταση «Το Μέλλον στον Διάστημα» ξεκινά με μία σύντομη ιστορική αναδρομή της εξερεύνησης του Διαστήματος, από τις πειραματικές εκτοξεύσεις των πρώτων πυραύλων μέχρι τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό και τα οφέλη της διαστημικής έρευνας. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται ορισμένες από τις προκλήσεις που θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε σε μελλοντικές διαστημικές αποστολές μεγαλύτερης εμβέλειας και διάρκειας, σαν κι αυτές που σχεδιάζονται για την πρώτη επίσκεψη αστροναυτών στον Άρη, στην διάρκεια της δεκαετίας του 2030 ή του 2040. Τέλος, η παράσταση εστιάζει σε ορισμένους από τους ευφάνταστους τρόπους που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την υλοποίηση μακρινών ταξιδιών εκτός του Ηλιακού μας συστήματος και προσπαθεί να απαντήσει στο ερώτημα εάν και κατά πόσο θα κατορθώσουμε κάποτε να αναπτύξουμε την απαραίτητη τεχνολογία.

Αξίζει ίσως να αναφερθεί εδώ ότι διεθνείς πλανηταριακές παραγωγές ενσωματώνουν συχνά στις παραστάσεις τους μικρά επεξηγηματικά βίντεο, στα οποία διεθνώς καταξιωμένοι επιστήμονες διατυπώνουν σκέψεις ή επεξηγούν συγκεκριμένα θέματα, σχετικά με την κάθε παράσταση. Στην τελευταία του παραγωγή, το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο αποφάσισε να πειραματιστεί για πρώτη φορά με αυτήν την πρακτική, έχοντας ως συνοδοιπόρο σε αυτό το συναρπαστικό ταξίδι τον Ακαδημαϊκό Σταμάτη Κριμιζή, έναν από τους σπουδαιότερους επιστήμονες διεθνώς στον χώρο της Διαστημικής Φυσικής και επικεφαλής Ερευνητή της NASA σε πολλές διαστημικές αποστολές, όπως σ' αυτές των Voyager και του Cassini.

Θεωρούμε ότι τα θέματα που έχουμε συμπεριλάβει σε αυτόν τον Οδηγό, καθώς και η σχετική βιβλιογραφία που παρατίθεται, συμπληρώνουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο όλα όσα παρουσιάζονται στην παράσταση και ευελπιστούμε ότι θα αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα τόσο για τον δάσκαλο και τον μαθητή όσο και για τον κάθε ενδιαφερόμενο. Ο συγκεκριμένος Οδηγός Παράστασης, καθώς και όλοι οι προηγούμενοι, έχουν αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του Ευγενιδείου Πλανηταρίου, στην Ενότητα «Παραστάσεις», ελεύθερα διαθέσιμοι για το κοινό και τους εκπαιδευτικούς.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Αλέξη Δεληβοριά, αστροφυσικό του Ευγενιδείου Πλανηταρίου, για τη συγγραφή του παρόντος Οδηγού, καθώς και όλους τους συναδέλφους που εργάζονται για τις εκδόσεις του Ιδρύματος Ευγενίδου για την επιμέλειά του. Θα ήταν, τέλος, παράλειψη αν δεν ευχαριστούσα και όλους τους συνεργάτες του Πλανηταρίου μας που συμμετείχαν στη δημιουργία της νέας παράστασης και των οποίων τα ονόματα παρατίθενται στην τελευταία σελίδα του παρόντος Οδηγού.

Μάνος Κιτσώνας

*Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου*

01

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**  
**«ΝΑ ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΟΥΜΕ  
ΝΕΟΥΣ ΚΟΣΜΟΥΣ ...»**

Το πνεύμα της εξερεύνησης που χαρακτηρίζει το ανθρώπινο γένος παραμένει άσβεστο. Το ίδιο αυτό πνεύμα που οδήγησε τους πρώτους μεγάλους εξερευνητές και θαλασσοπόρους από τα βάθη της Αφρικής στους Πόλους του πλανήτη, αλλά και τις διαστημοσκευές μας στα πέρατα του Ηλιακού συστήματος, αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στην πασίγνωστη «ατάκα» της σειράς επιστημονικής φαντασίας Star Trek: *«να εξερευνήσουμε παράξενους νέους κόσμους, να αναζητήσουμε νέα ζωή και νέους πολιτισμούς και με τόλμη να πάμε εκεί που κανείς ως τώρα δεν έχει πάει».*

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση των 6 εξωπλανητών του αστρικού συστήματος Kepler 11 (φωτογρ. NASA/Tim Pyle).*

Αυτό, ωστόσο, δεν είναι σε καμία περίπτωση το μοναδικό, ή ακόμα και το κυρίαρχο κίνητρο για την εξερεύνηση του Διαστήματος. Η έμφυτη περιέργεια, η «ανάγκη» δηλαδή να θέτουμε ερωτήματα και να αναζητούμε απαντήσεις, μέσα από την θεμελιώδη επιστημονική έρευνα για την διεύρυνση των επιστημονικών και τεχνολογικών μας γνώσεων, είναι ένα δεύτερο και εξίσου σημαντικό κίνητρο. Ένας άλλος παράγοντας, που κι αυτός έχει την σημασία του, πηγάζει από την ανάγκη να δοκιμάζουμε τα όρια και τις αντοχές μας, θέτοντας όλο και δυσκολότερους στόχους προς επίτευξη. Ωραιότερα το έθεσε ο θρυλικός Άγγλος ορειβάτης **George Mallory** (1886–1924), που χάθηκε πρόωρα στην προσπάθειά του να σκαρφαλώσει πρώτος στο Έβερεστ, ο οποίος, όταν ρωτήθηκε για ποιον λόγο υποβάλλει τον εαυτό του σε τόσες κακουχίες και σε τέτοιους κινδύνους, προκειμένου να «κατακτήσει» την υψηλότερη κορυφή των Ιμαλαΐων, απάντησε «γιατί είναι εκεί». Αυτό το «γιατί είναι εκεί» είναι ένα ακόμη κίνητρο που μας ωθεί προς το Διάστημα.

Η διαρκής ανάγκη, σε κρατικό επίπεδο πλέον, για εξεύρεση και εκμετάλλευση νέων πόρων, καθώς και ο αέναος ανταγωνισμός για επέκταση, κατάληψη νέου «ζωτικού» χώρου, ακόμη και κυριαρχία, είναι εξίσου σημαντικοί παράγοντες που συνέβαλαν στην εξερεύνηση του Διαστήματος. Όσον αφορά στον ιδιωτικό τομέα, από την άλλη, πολλές εταιρείες βλέπουν το Διάστημα ως μοναδική ευκαιρία για επενδύσεις και κερδοφορία. Τα κίνητρα, δηλαδή, που μας ωθούν στο Διάστημα δεν είναι πάντα και τόσο «ευγενικά». Χαρακτηριστικό παράδειγμα για του λόγου το αληθές είναι και το γεγονός



Το 1922, οι **George Mallory** και **Edward Norton** φτάνουν στα 8.200 m., στο βορειοανατολικό πέρασμα προς το Έβερεστ [φωτογρ. Captain Noel/Hulton Archive/Getty Images].

ότι όταν εντέλει ο Neil Armstrong έκανε το πρώτο του «μικρό βήμα» στην επιφάνεια της Σελήνης, αυτό «το γιγάντιο άλμα για την ανθρωπότητα» δεν ήταν απόρροια της διαχρονικής επιθυμίας να κατανοηθεί ο κόσμος και τα φυσικά φαινόμενα, ούτε φυσικά η διεύρυνση των ορίων της γνώσης μας γι' αυτό που έχει επικρατήσει να ονομάζεται «κοινό καλό». Ήταν κυρίως το αποτέλεσμα του σκληρού και αδυσώπητου ανταγωνισμού μεταξύ της Σοβιετικής Ένωσης και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, των δύο υπερδυνάμεων της εποχής, για την επιβεβαίωση της ιδεολογικής, στρατιωτικής, επιστημονικής και πολιτιστικής υπεροχής τους.

Από αυτήν την αναγκαστικά ελλιπή παρουσίαση ορισμένων μόνο από τους λόγους για τους οποίους εξερευνούμε το Διάστημα δεν θα μπορούσε να απουσιάζει και μία αναφορά στην διαχρονική προσπάθεια να υλοποιηθεί ένα από τα πανάρχαια όνειρα του ανθρώπου: να απελευθερωθεί δηλαδή από τα «δεσμά» της βαρύτητας που τον κρατούν «αιχμάλωτο» στην Γη, πετώντας στους ουραμούς και ταξιδεύοντας στο Διάστημα. Ένα όνειρο που χάνεται στα βάθη των αιώνων, κρυμμένο στη μυθολογία, τους θρύλους και τα ηρωικά έπη των πρώτων πολιτισμών. Πραγματικά, κάποια τουλάχιστον από αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ανθρωπίνης ιδιοσυγκρασίας που μόλις αναφέραμε, παρόλο που δεν διατυπώνονται με σαφήνεια, διακρίνονται, έστω και αμυδρά, στην Ιλιάδα και την Οδύσσεια, στους θρύλους που σχετίζονται με τον αρχαίο εξερευνητή Πυθέα, στην επική ποίηση και στους μύθους άλλων λαών, και κάπως ευκρινέστερα ίσως στον μύθο του Ίκαρου και του Δαίδαλου. Αυτή η προφορική ως επί το πλείστον παράδοση, που αποτυπώνει αχνά την ακόρεστη δίψα του ανθρώπου να εξερευνήσει και να επισκεφθεί νέους κόσμους, μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ο πρόδρομος της φανταστικής λογοτεχνίας, δηλαδή της λογοτεχνίας του «επιστημονικά ανέφικτου», η οποία μετεξελίχθηκε σταδιακά στην επιστημονική φαντασία, δηλαδή στην λογοτεχνία του «επιστημονικά εφικτού». Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι η λογοτεχνία της επιστημονικής φαντασίας δεν αποτυπώνει μόνο με πολύ μεγαλύτερη σαφήνεια τα διαστημικά όνειρα του ανθρώπου, αλλά συχνά έχει προβλέψει με εκπληκτική ακρίβεια πολλές από τις τεχνολογικές εξελίξεις που ακολούθησαν.

Εάν, λοιπόν, θεωρήσουμε ότι οι μύθοι και οι θρύλοι των λαών του κόσμου αποτελούν την «προϊστορία»

της επιστημονικής φαντασίας, η πρώτη ίσως φορά που ο λογοτεχνικός οίστρος του ανθρώπου διατύπωσε σαφείς αναφορές σε διαπλανητικά ταξίδια και εξωγήινους πολιτισμούς παρατηρήθηκε στην διάρκεια του 2<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ., στην εποχή δηλαδή που ο σατυρικός συγγραφέας **Λουκιανός** από τα Σαμόσατα (125 μ.Χ.–190 μ.Χ.) συνέγραψε την *Αθηθινή Ιστορία*. Πρόκειται ίσως για το πρώτο ιστορικά καταγεγραμμένο «φανταστικό» βιβλίο και σύμφωνα με κάποιους μελετητές χαρίζει στον Λουκιανό τον τίτλο του «πατέρα» της επιστημονικής φαντασίας. Εντούτοις, πολλοί άλλοι διαφωνούν, εστιάζοντας στο ότι η *Αθηθινή Ιστορία* περιγράφει γεγονότα και καταστάσεις, που στο μυαλό του συγγραφέα ήταν εντελώς αδύνατο να συμβούν και κατά συνέπεια ότι το έργο αυτό ανήκει στην φανταστική λογοτεχνία. Η διαφωνία αυτή, όσον αφορά στην φανταστική ή στην «επιστημονικά φανταστική» φύση της *Αθηθίνης Ιστορίας* είναι χαρακτηριστική, καθώς μέχρι σήμερα έχουν προταθεί δεκάδες ορισμοί για το τι συνιστά επιστημονική φαντασία.

Για παράδειγμα, ο σπουδαίος συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας **Isaac Asimov** (1920–1992), ορίζει την επιστημονική φαντασία ως εκείνο το λογοτεχνικό είδος που ασχολείται με την επίδραση της επιστημονικής εξέλιξης και της τεχνολογίας στον άνθρωπο. Σύμφωνα με τον Asimov, «η σύγχρονη επιστημονική φαντασία αποτελεί το μοναδικό λογοτεχνικό είδος στο οποίο τίγονται συστηματικά και συνειδητά η φύση των αλλαγών που έρχονται, οι πιθανές επιπτώσεις και οι λύσεις τους».

Ο **Robert Heinlein** (1907–1988), ένας ακόμα από τους μεγάλους Αμερικανούς συγγραφείς επιστημονικής φαντασίας, θεωρούσε ότι η επιστημονική φαντασία είναι ένας «*ρεαλιστικός συλλογισμός, σχετικός με πιθανά*

συμβάντα, στέρεα θεμελιωμένα πάνω στην επαρκή γνώση του πραγματικού κόσμου, παρελθόντος και τωρινού, καθώς και σε μία εκτενή κατανόηση της φύσης και της σπουδαιότητας της επιστημονικής μεθόδου».

Κοινή συνισταμένη των δύο αυτών ορισμών είναι η σημασία που προσδίδεται στις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις. Με άλλα λόγια, εάν δεχθούμε μία τέτοια ερμηνεία, η λογοτεχνία της επιστημονικής φαντασίας προϋποθέτει ένα στέρεο επιστημονικό και τεχνολογικό υπόβαθρο, το οποίο δεν μπορεί να προκύψει παρά μόνο μέσα από μία βιομηχανική ή επιστημονική επανάσταση. Ως εκ τούτου, οποιασδήποτε μορφής «επιστημονική φαντασία» προηγείται χρονικά των πρώτων μεγάλων επιστημονικών ανακαλύψεων του 16<sup>ου</sup> αιώνα, θεωρείται από πολλούς ότι ανήκει στον χώρο της φαντασίας.

Με τις πρώτες, ωστόσο, μεγάλες επιστημονικές ανακαλύψεις, που ξεκίνησαν με τις έρευνες του **Κοπέρνικου** (1473–1543), του **Κέπλερ** (1571–1630), του **Γαλιλαίου** (1564–1642) και του **Νεύτωνα** (1642–1727), καθώς και με την εφεύρεση του τηλεσκοπίου, το λογοτεχνικό ενδιαφέρον για τα διαστημικά όνειρα του ανθρώπου αναβιώνει και εξελίσσεται διαρκώς, μέσα στο κλίμα των μεγάλων κοινωνικοπολιτικών και τεχνολογικών εξελίξεων που οδήγησαν στην Βιομηχανική Επανάσταση. Καθόλη τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα και καθώς οι επιστημονικές και τεχνολογικές ανακαλύψεις επιταχύνονται, η λογοτεχνία της επιστημονικής φαντασίας αναπτύσσεται όλο και περισσότερο χάρη σε μια νέα γενιά συγγραφέων, η οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνει την **Mary Shelley** (1797–1851), τον **Edgar Allan Poe** (1809–1849), τον **Ιούλιο Βερν** (1828–1905), τον **Kurt Lasswitz** (1848–1910), και φυσικά τον **H. G. Wells** (1866–1946).

Ωστόσο, όσο γόνιμη και αν είναι η φαντασία αυτών των πρώτων συγγραφέων επιστημονικής φαντασίας, οι περιορισμένες με τα σημερινά δεδομένα επιστημονικές γνώσεις της εποχής εκείνης την χαλιναγωγούν. Με την αυγή του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όμως, η ραγδαία ανάπτυξη των επιστημών και της τεχνολογίας δίνει νέα ώθηση σε αυτό το λογοτεχνικό είδος, απελευθερώνοντας πλήρως την φαντασία του ανθρώπου και επιτρέποντάς του να ταξιδέψει νοερά στα πέρατα του Σύμπαντος.

Αυτή, όμως, η αναγκαστικά ελλιπής παρουσίαση του λογοτεχνικού ρεύματος της επιστημονικής φαντασίας στα πρώτα του βήματα, ενώ αποδεικνύει με τον καλύτερο τρόπο την διαχρονική επιθυμία του ανθρώπου να κατασκευάσει ιπτάμενες μηχανές, να ταξιδέψει στο Διάστημα και να επισκεφθεί νέους και παράξενους κόσμους, δεν μας λείπει πολλά για τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα που οδήγησαν εντέλει στον αιώνα του Διαστήματος. Εάν, ωστόσο, κρίνουμε από τις συναρπαστικές επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις στις φυσικές επιστήμες, που προέκυψαν από την αυγή του 20<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι σήμερα, θα διαπιστώσουμε ότι τις περισσότερες φορές οι νέες τεχνολογίες προκύπτουν και βασίζονται στις ανακαλύψεις της θεμελιώδους επιστημονικής έρευνας. Η ανάπτυξη των σύγχρονων πυραύλων, αντιθέτως, οι οποίοι μετέφεραν τον πρώτο άνθρωπο στο Διάστημα, ακολούθησε ανάδρομη πορεία, αφού τα πρώτα βήματα στη μακράιωνη εξηλεκτική τους πορεία, είχαν ήδη γίνει στην Κίνα, αρχικά στην διάρκεια του 9<sup>ου</sup> αιώνα μ. Χ. με την εφεύρεση της πυρίτιδας, και αργότερα στην διάρκεια του 12<sup>ου</sup>–13<sup>ου</sup> αιώνα, με την εφεύρεση των πρώτων ρουκετών. Χρονικά, δηλαδή, προηγήθηκαν κατά πολύ από τις θεωρητικές βάσεις της πυραυλικής προώθησης, όπως διαμορφώθηκαν αρχικά από τον Νεύτωνα, αλλά



Εικονογράφηση από το βιβλίο «Πόλεμος των Κόσμων» του H. G. Wells, σε μία από τις πρώτες εκδόσεις του.



και εν συνεχεία από τους τρεις «πατέρες» της σύγχρονης πυραυλικής επιστήμης, στους οποίους θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

Έτσι, λοιπόν, το 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αποτελεί μία περίληψη του Οδηγού Παράστασης [«Από τη Γη στη Σελήνη»](#) και εστιάζει στην συναρπαστική αλληλουχία γεγονότων που οδήγησαν εντέλει στις πρώτες επανδρωμένες αποστολές στην Σελήνη. Ακολουθώντας, στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα συνοψίσουμε τις προσπάθειες για την εξερεύνηση του Ηλιακού μας συστήματος, με την βοήθεια ρομποτικών διαστημοσυσκευών και τροχιακών αστεροσκοπειών, η οποία έχει παρουσιαστεί αναλυτικότερα σε άλλους Οδηγούς Παράστασης, όπως οι ακόλουθοι: [«Η Μεγάλη Περιπέτεια»](#), [«Το Άστρο της Ημέρας»](#), [«Παράξενοι Κόσμοι στο Ηλιακό Σύστημα»](#) και [«Ταξιδευτές του Ηλιακού Συστήματος»](#). Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα αναφερθούμε στις προσπάθειες που ήδη διεξάγονται για την επανέναρχη των επανδρωμένων αποστολών στην Σελήνη, καθώς και για την υλοποίηση της πρώτης επανδρωμένης αποστολής προς τον Άρη, ενώ ο Οδηγός αυτός θα ολοκληρωθεί με μία αναφορά σε ορισμένα από τα πιθανά και όχι τόσο πιθανά σενάρια της υλοποίησης διαστημικών αποστολών εκτός του Ηλιακού μας συστήματος.

Όταν στις αρχές του 16<sup>ου</sup> αιώνα οι μεγάλες ναυτικές δυνάμεις της Ευρώπης ανακάλυπταν σιγά-σιγά τον Νέο Κόσμο, οι απομονωμένες φυλές με τις οποίες έρχονταν σε επαφή θεωρούσαν ότι ακόμη και τα πιο απλά τεχνολογι-

κά επιτεύγματα που έβλεπαν για πρώτη τους φορά ήταν σύμφυτα με την μαγεία. Αλλά και σήμερα ακόμη, φυλές που ζουν εντελώς απομονωμένες από τον υπόλοιπο κόσμο, αντιδρούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Ίσως αυτό να είχε στο μυαλό του ο μεγάλος Βρετανός συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας **Arthur Clarke** (1917–2008), όταν διατύπωνε τον τρίτο από τους περίφημους «νόμους» του, που μεταξύ άλλων αφορούσε και στο «σοκ» που θα βιώσει ενδεχομένως η ανθρωπότητα, σε περίπτωση που έρθει για πρώτη φορά σε επαφή με κάποιον εξαιρετικά προηγμένο εξωγήινο πολιτισμό: *«οποιαδήποτε επαρκώς προηγμένη τεχνολογία είναι δυσδιάκριτη από την μαγεία»*. Αναλογιζόμενοι την μεγάλη επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο που έχει συντελεστεί μέχρι σήμερα, η αναγωγή της θέσης αυτής σε «νόμο» με καθολική ισχύ ίσως να είναι υπερβολική. Λαμβάνοντας, ωστόσο, υπόψη τον τεράστιο αριθμό όλων όσοι εξακολουθούν να πιστεύουν στην αστρολογία και σε κάθε άλλου είδους δεισιδαιμονία, θεωρία συνωμοσίας ή ψευδοεπιστήμη, μπορεί εντέλει ο Clarke να έχει περισσότερο δίκιο απ' όσο του αναγνωρίζουμε. Είτε έτσι, είτε αλλιώς, πάντως, οι επιστημονικές και τεχνολογικές γνώσεις που θα απαιτηθούν προκειμένου να ταξιδέψουμε στον ανεξερεύνητο ωκεανό του Διαστήματος, πέρα από το Ηλιακό μας σύστημα, βρίσκονται έτη φωτός μπροστά απ' όσα μπορούμε να υλοποιήσουμε σήμερα. Μπορεί, λοιπόν, οι γνώσεις αυτές να μην είναι εντέλει δυσδιάκριτες από την μαγεία, σίγουρα πάντως θα ανήκουν στον χώρο της επιστημονικής φαντασίας για πολύ καιρό ακόμα ★

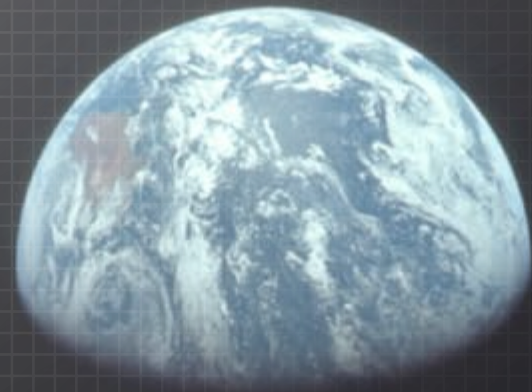
*Το διαστημόπλοιο Venture Star από την ταινία επιστημονικής φαντασίας Avatar.*



02

## ΑΠΟ ΤΗ ΓΗ ΣΤΗ ΣΕΛΗΝΗ

*Οι επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις που οδήγησαν στην «κατάκτηση» της Σελήνης εδράζονται στις εμπνευσμένες προσπάθειες του Ρώσου Konstantin Tsiolkovsky, του Αμερικανού Robert Goddard και του Γερμανού Herman Oberth, των μεγάλων πρωτοπόρων που θεμελίωσαν με το έργο τους την ανάπτυξη των επιστημών του Διαστήματος. Ωστόσο, η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας στην διάρκεια των δύο παγκόσμιων πολέμων, καθώς και ο Αμερικανοσοβιετικός ανταγωνισμός στην διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου, έπαιξαν κομβικό ρόλο και εντέλει επιτάχυναν την υλοποίηση των πρώτων επανδρωμένων αποστολών προς τον φυσικό μας δορυφόρο.*



*Η Γη ανατέλλει πάνω από την επιφάνεια της Σελήνης  
(φωτογρ. NASA).*

Αναμφίβολα, ο θεωρητικός «πατέρας» της σύγχρονης Διαστημικής επιστήμης είναι ο Ρώσος επιστήμονας **Konstantin Tsiolkovsky** (1857–1935), ο οποίος, παρότι ήταν ουσιαστικά αυτοδίδακτος, δημοσίευσε πολλές μελέτες σχετικές με την προώθηση των πυραύλων και τα ταξίδια στο Διάστημα. Παράλληλα, συνέγραψε βιβλία επιστημονικής φαντασίας, στα οποία περιέγραφε τεχνητούς δορυφόρους και διαστημικούς σταθμούς, διαστημικές αποικίες και εξόρυξη μεταλλευμάτων από αστεροειδείς, πολύ πριν αυτές οι επαναστατικές για την εποχή τους ιδέες αρχίσουν να εξετάζονται σοβαρά από τους επιστήμονες. Το 1903, την ίδια χρονιά που οι **Αδελφοί Wright** έβησαν τα θεμέλια για την ανάπτυξη της σύγχρονης αεροπλοΐας με την θρυλική πτήση του πρώτου μηχανοκίνητου αεροπλάνου, ο Tsiolkovsky δημοσίευσε την **Εξερεύνηση του κοσμικού χώρου μέσω συσκευών αντίδρασης**, ίσως την πρώτη εμπειρισταμένη επιστημονική μελέτη στον τομέα της πυραυλικής προώθησης διεθνώς. Οι θεωρητικές του αναλύσεις τον οδήγησαν στην διατύπωση του θεμελιώδους νόμου που περιγράφει την τελική ταχύτητα ενός πυραύλου, με βάση το απόθεμα των καυσίμων του και την ταχύτητα εκτόνωσης των προϊόντων της καύσης. Παράλληλα, ήταν ο πρώτος που πρότεινε την κατασκευή πυραύλων πολλαπλών σταδίων, καθώς και την χρήση υγρού υδρογόνου και οξυγόνου θεωρώντας τα ιδεώδη προωθητικά καύσιμα. Το ανήσυχο πνεύμα που παρακινούσε τον Tsiolkovsky να ανακαλύψει τι βρίσκεται «εκεί έξω» αποτυπώνεται με τον καλύτερο ίσως τρόπο στο γνωστό του απόφθεγμα ότι «*Η Γη είναι το λίκνο της ανθρωπότητας, αλλά δεν μπορεί κανείς να ζει στο λίκνο του για πάντα*»!

Εάν ο Tsiolkovsky αποτέλεσε τον θεωρητικό πρόδρο-



Ο Konstantin Tsiolkovsky.

μο των σύγχρονων πυραύλων, ο Αμερικανός **Robert Goddard** (1881–1945) δεν περιορίστηκε μόνο στην θεωρητική τους μελέτη, αλλά αντίθετα προχώρησε στον πειραματικό έλεγχο των πρωτότυπων πυραύλων που ο ίδιος κατασκεύαζε. Παρά την ασθενική του κρίση και τα μεγάλα προβλήματα υγείας που αντιμετώπιζε εξαιτίας της φυματίωσης, το 1919 ολοκλήρωσε το *Περί μιας μεθόδου προσέγγισης ακραίων υψών*, ένα από τα πρωτοποριακά επιστημονικά συγγράμματα της εποχής του, στο οποίο περιέγραφε τις θεωρίες του για την πτήση πυραύλων, τα αποτελέσματα της έρευνάς του σχετικά με τα στερεά και τα υγρά καύσιμα, καθώς και τις σκέψεις του για την εξερεύνηση του Διαστήματος στο μέλλον. Η δημοσίευση της μελέτης αυτής έστρεψε πάνω του τα φώτα της δημοσιότητας, όχι όμως με τον τρόπο που ο ίδιος θα επιθυμούσε. Πολλές εφημερίδες της εποχής, καθώς και αρκετοί επιστήμονες τον γελοιοποιούσαν, ασκώντας



Ο Robert Goddard με τον πρώτο του πύραυλο υγρών καυσίμων.

δριμεία κριτική στο έργο του, γεγονός που τον οδήγησε στην απομόνωση. Ο Goddard, όμως, συνέχισε να εργάζεται αδιάκοπα και το 1926 εκτόξευσε τον πρώτο του πύραυλο υγρών καυσίμων, ενώ προς το τέλος του 1929 μετακόμισε στο Roswell στο Νέο Μεξικό, όπου κι εκεί σε πλήρη σχεδόν απομόνωση αφοσιώθηκε στην έρευνά του για τα επόμενα 12 χρόνια. Με το πέρας του πολέμου ο Goddard αποσύρθηκε από την μελέτη των πυραύλων, ενώ λίγος αργότερα, στις 10 Αυγούστου 1945, πέθανε από καρκίνο του λάρυγγα.

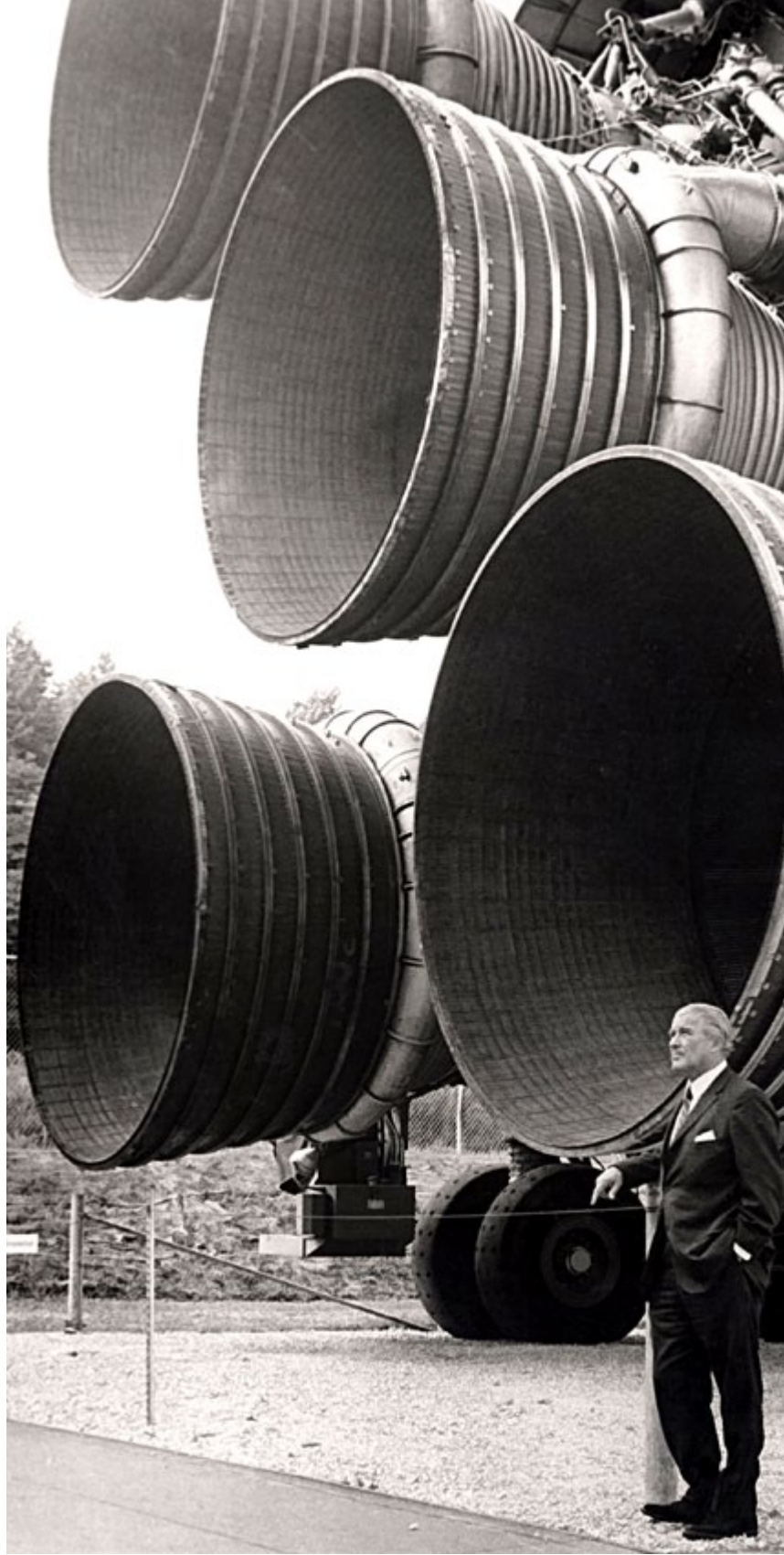
Ο τρίτος της «παρέας» των πρωτοπόρων της πυραυλικής ήταν ο Γερμανός **Hermann Oberth** (1894–1989). Όπως και ο Tsiolkovsky πριν απ' αυτόν, η γνωριμία του με τα μυθιστορήματα του Ιουλίου Βερν και ιδιαίτερα με το βιβλίο *Από τη Γη στη Σελήνη* τον επηρέασε βαθιά. Το 1922, η διδακτορική διατριβή του στην επιστήμη της

πυραυλικής απορρίφθηκε ως «ουτοπική». Παρόλ' αυτά δημοσίευσε ο ίδιος την περίληψή της σε ένα δοκίμιο 92 σελίδων, ενώ το 1929 την διεύρυνε στην κλασική πλέον μονογραφία του με τίτλο *Μέθοδοι Διαστημικών Πτήσεων*. Το φθινόπωρο του 1929 ο Oberth εκτόξευσε τον πρώτο του πύραυλο υγρών καυσίμων με την βοήθεια των φοιτητών του από το τεχνικό πανεπιστήμιο του Βερολίνου, μεταξύ των οποίων ήταν και ο Wernher von Braun, ο οποίος λίγα χρόνια αργότερα τέθηκε επικεφαλής του Γερμανικού προγράμματος ανάπτυξης των ιπτάμενων βομβών-πυραύλων V2. Στην διάρκεια του Πολέμου, ο ίδιος ο Oberth εργάστηκε κυρίως στην έρευνα για την κατασκευή αντιαεροπορικών βλημάτων, ενώ στα μέσα της δεκαετίας του 1950 εγκαταστάθηκε στην Αμερική, εργαζόμενος υπό την διεύθυνση του πρώην μαθητή του von Braun, στην ανάπτυξη των διαστημικών πυραύλων στο Huntsville της Αλαμπάμα.

Όπως είπαμε και νωρίτερα, η απαρχή της διαστημικής εποχής δεν ήταν τόσο το αποτέλεσμα της ευγενούς άμιλλας για την επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο, όσο το αποτέλεσμα του σκληρού και αδυσώπητου ανταγωνισμού μεταξύ της Σοβιετικής Ένωσης (ΕΣΣΔ) και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ), που ξεκίνησε στα τέλη περίπου του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και έμεινε γνωστός στην ιστορία ως Ψυχρός Πόλεμος.

Συνειδητοποιώντας ότι τα σπουδαία τεχνολογικά επιτεύγματα των επιστημόνων της ναζιστικής Γερμανίας, τα οποία είχαν συμβάλει τόσο πολύ στην κατασκευή της γερμανικής πολεμικής μηχανής, θα τους προσέφεραν στρατηγικό πλεονέκτημα, Αμερικανοί και Σοβιετικοί προσπάθησαν να τους στρατολογήσουν, ή απλώς να τους απαγάγουν, προκειμένου να αναπτύξουν ταχύτερα τα δικά τους πυραυλικά προγράμματα. Με την «Επιχείρηση Συνδετήρας», μάλιστα, οι ΗΠΑ μετέφεραν από τη Γερμανία στις ΗΠΑ έναν μεγάλο αριθμό επιστημόνων, πολλοί από τους οποίους ήταν ενεργά μέλη του Γερμανικού Ναζιστικού Κόμματος, ακόμη και εγκληματίες πολέμου. Ένας απ' αυτούς ήταν ο **Wernher von Braun** (1912–1977), ο επιστήμονας που λίγα χρόνια αργότερα θα σχεδίαζε τους πυραύλους **Saturn V**, οι οποίοι έστειλαν τους πρώτους αστροναύτες στη Σελήνη. Οι Σοβιετικοί, αντιθέτως, βασίστηκαν τον σπουδαίο Ρώσο μηχανικό **Sergey Korolev** (1907–1966), ο οποίος στα πρώτα χρόνια του ανταγωνισμού για την κατάκτηση του Διαστήματος καθοδήγησε την ΕΣΣΔ σε μία εντυπωσιακή σειρά διαστημικών επιτυχιών.

*Ο von Braun, δίπλα σε μία από τις μηχανές του πρώτου σταδίου του γιγάντιου πυραύλου Saturn V (φωτογρ. NASA).*



Έχοντας κατασκευάσει τον πρώτο διηπειρωτικό βαλλιστικό πύραυλο, κατά πολύ ισχυρότερο από οποιονδήποτε άλλο πύραυλο των Αμερικανών, οι Σοβιετικοί χρησιμοποίησαν μία τροποποιημένη εκδοχή του στις 4 Οκτωβρίου 1957 για την εκτόξευση του **Sputnik 1**, του πρώτου τεχνητού δορυφόρου που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη. Κάπως έτσι, λοιπόν, η ιδεολογική, τεχνολογική και πολιτιστική διαμάχη των δύο πόλων μεταφέρθηκε από την κούρσα των εξοπλισμών στην κούρσα για την κατάκτηση του Διαστήματος. Η πρώτη αυτή σπουδαία επιτυχία των Σοβιετικών ισοδυναμούσε για πολλούς Αμερικανούς με ένα διαστημικό Pearl Harbor. Το Αμερικανικό Κογκρέσο, θορυβημένο από αυτό που αντιλαμβανόταν ως απειλή για την ασφάλεια και την τεχνολογική υπεροχή των ΗΠΑ, προέτρεψε σε άμεση αντίδραση. Συνειδητοποιώντας ότι η πρωτοκαθεδρία των ΗΠΑ στο Διάστημα θα ήταν εφικτή μόνο με την ίδρυση μίας νέας υπηρεσίας, η οποία θα σχεδίαζε και θα υλοποιούσε όλες τις μη στρατιωτικές δραστηριότητές τους στο Διάστημα, ο Αμερικανός Πρόεδρος **Dwight Eisenhower** (1890–1969) ίδρυσε την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος, τη γνωστή με το αγγλικό ακρωνύμιό της ως **NASA**, η οποία ξεκίνησε τη λειτουργία της την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου 1958.

Παρόλ' αυτά, η ΕΣΣΔ εξακολουθούσε να υπερισχύει και στα χρόνια που ακολούθησαν, καταρρίπτοντας αρκετά ακόμη διαστημικά ρεκόρ. Αναμφίβολα, όμως, κορυφαία τους στιγμή ήταν η θρυλική πτήση του **Vostok 1**, με την οποία ο Σοβιετικός κοσμοναύτης **Yuri Gagarin** (1934–1968) έγινε ο πρώτος άνθρωπος που πέταξε στο Διάστη-

*Ο Yuri Gagarin (αριστερά) με τον σπουδαίο σοβιετικό μηχανικό Sergei Korolev.*



μα στις 12 Απριλίου 1961. Την επιτυχή ολοκλήρωση του προγράμματος Vostok ακολούθησε η υλοποίηση του προγράμματος *Voskhod*, με το οποίο η ΕΣΣΔ κατέρριψε ένα ακόμη διαστημικό ρεκόρ στις 18 Μαρτίου 1965, όταν ο κοσμοναύτης **Aleksei Leonov** (1934–) πραγματοποίησε τον πρώτο στα χρονικά διαστημικό περίπατο.

Παράλληλα μ' αυτές τις πρώτες επανδρωμένες αποστολές, η ΕΣΣΔ ανέπτυξε και ένα ιδιαίτερα παραγωγικό πρόγραμμα μη επανδρωμένων διαστημοσυσκευών. Το πρόγραμμα *Luna* (1959-1976), για παράδειγμα, σχεδιάστηκε προκειμένου να αντληθούν όσο το δυνατό περισσότερες πληροφορίες για τον φυσικό δορυφόρο του πλανήτη μας, και με προφανή στόχο να προετοιμαστεί το έδαφος για την πρώτη σοβιετική επανδρωμένη πτήση στη Σελήνη. Το πρόγραμμα αυτό χάρισε αρκετές ακόμη διαστημικές επιτυχίες στην Σοβιετική Ένωση, περιλαμβανομένων και των πρώτων φωτογραφιών που ελήφθησαν από την σκοτεινή πλευρά της Σελήνης, την πρώτη ελεγχόμενη προσσελήνωση, την πρώτη διαστημοσυσκευή που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Σελήνη, την πρώτη ρομποτική διαστημοσυσκευή που κατάφερε να συλλέξει και να επιστρέψει στη Γη σεληνιακά πετρώματα και την πρώτη μεταφορά στη Σελήνη αυτοκινούμενου οχήματος.

Από το 1965, οι διαστημικές αποστολές Zond 3–8 συνέχισαν την συλλογή δεδομένων για την Σελήνη, ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι η διαστημοσυσκευή *Zond 4*, που εκτοξεύθηκε τον Μάρτιο του 1968, προσεδαφίστηκε στη Σελήνη και πραγματοποίησε την πρώτη πειραματική «αποσελήνωση». Ήταν προφανές ότι οι επικεφαλής του διαστημικού προγράμματος της ΕΣΣΔ ήδη προετοιμάζονταν εντατικά για την μελλοντική επανδρωμένη τους αποστολή στη Σελήνη, η οποία βασιζόταν στον τε-

ράστιο πύραυλο *N-1*. Ωστόσο, όλες οι προσπάθειες που έγιναν για την εκτόξευση του πυραύλου αυτού απέτυχαν. Η αποτυχία των Σοβιετικών να φτάσουν πρώτοι στη Σελήνη ίσως και να οφείλεται στον αιφνίδιο θάνατο του Korolev. Φυσικά το διαστημικό πρόγραμμα της ΕΣΣΔ συνεχίστηκε, αλλά με τον θάνατο του Korolev χάθηκε και η εμπνευσμένη του καθοδήγηση.

Απαντώντας στις πρώτες αυτές Σοβιετικές επιτυχίες, οι ΗΠΑ εντατικοποίησαν τις προσπάθειές τους, αρχικά με το πρόγραμμα *Mercury* (1958–1963), το οποίο σχεδιάστηκε προκειμένου να πραγματοποιηθεί η πρώτη αμερικανική επανδρωμένη πτήση στο Διάστημα, αλλά και να μελετηθεί η επίδραση του Διαστήματος στον άνθρωπο. Στις 25 Μαΐου 1961, ο Αμερικανός Πρόεδρος **John Kennedy** (1917–1963) με την ιστορική του ομιλία προς το Κογκρέσο έθετε ως στόχο την αποστολή αστροναυτών στην Σελήνη, που εντέλει θα υλοποιούνταν στο πλαίσιο του προγράμματος *Apollo* (1961–1972). Σημαντικό, όμως, ρόλο στην επιτυχή του κατάληξη διαδραμάτισε το πρόγραμμα *Gemini* (1963–1966), βασικός στόχος του οποίου ήταν η ανάπτυξη και αξιολόγηση νέων τεχνικών πτήσης και πλοήγησης στο Διάστημα, οι οποίες θα ήταν απαραίτητες για την επιτυχία του προγράμματος Apollo. Την ίδια περίπου περίοδο, η NASA υλοποίησε και αρκετές μη επανδρωμένες αποστολές, με στόχο την φωτογράφιση της σεληνιακής επιφάνειας, προκειμένου να επιλεγεί η βέλτιστη θέση προσσελήνωσης, με τα προγράμματα *Ranger* (1961–1965), *Surveyor* (1966–1967) και *Lunar Orbiter* (1966–1967).

*Η αποστολή του Apollo 11 που μετέφερε τους πρώτους αστροναύτες στην επιφάνεια της Σελήνης εκτοξεύθηκε στις 16 Ιουλίου 1969 (φωτογρ. NASA).*



Καθώς, όμως, τα κομμάτια του διαστημικού παζλ για την εξερεύνηση της Σελήνης έμπαιναν το ένα μετά το άλλο στη θέση τους, χρειαζόταν και κάτι ακόμα: ο πανίσχυρος πύραυλος που θα μετέφερε τους αστροναύτες στη Σελήνη. Οι αποστολές Mercury και Gemini είχαν χρησιμοποιήσει στρατιωτικούς πυραύλους, ειδικά διασκευασμένους για τον σκοπό αυτόν. Για την αποστολή στη Σελήνη, όμως, χρειαζόταν κάτι μεγαλύτερο και καλύτερο. Ένας πύραυλος, με άλλα λόγια, αποκλειστικά σχεδιασμένος για την εξερεύνηση του Διαστήματος. Αυτός ήταν ο Saturn V, ένας πύραυλος τριών σταδίων με ύψος 110 m και βάρος 3.000 τόνων. Η απίστευτη αυτή μηχανή, δημιούργημα του von Braun και της ομάδας του στο Κέντρο Διαστημικών Πτήσεων Marshall, πραγματοποίησε την πρώτη πειραματική της εκτόξευση στις 9 Νοεμβρίου 1967, στο πλαίσιο της αποστολής Apollo 4. Στα επόμενα 2 χρόνια υλοποιήθηκαν 5 ακόμη αποστολές Apollo, δύο εκ των οποίων μετέφεραν τους αστροναύτες τους σε τροχιά γύρω από την Σελήνη, χωρίς όμως να τους αποβιβάσουν στην επιφάνειά της.

Εντέλει, οκτώ χρόνια από την έναρξη του Προγράμματος Apollo, στις 16 Ιουλίου του 1969, η NASA εκτόξευσε το *Apollo 11* με προορισμό την Σελήνη και πλήρωμα τους αστροναύτες **Neil Armstrong** (1930–2012), **Michael Collins** (1930–) και **Edwin Aldrin** (1930–). Η αποστολή αυτή θα περνούσε στην ιστορία ως η πρώτη που μετέφερε συνανθρώπους μας σε ένα άλλο ουράνιο σώμα του Ηλιακού συστήματος. Τέσσερις μέρες αργότερα, με το πρώτο του βήμα στην επιφάνεια της Σελήνης, ο Armstrong διατύπωνε τα λόγια που θα μείνουν για πάντα χαραγμένα στην συλλογική μας μνήμη: «Ένα μικρό βήμα για τον άνθρωπο, ένα γιγάντιο άλμα για την ανθρωπότητα».

Με την ολοκλήρωση της θρυλικής αποστολής του Apollo 11 υλοποιήθηκαν 5 ακόμη επιτυχείς επανδρωμένες αποστολές προς την Σελήνη, η τελευταία εκ των οποίων ολοκληρώθηκε το 1972. Καθώς, όμως, το ενδιαφέρον των δύο υπερδυνάμεων της εποχής για τον φυσικό μας δορυφόρο ατονούσε, οι διαστημικές υπηρεσίες της τότε Σοβιετικής Ένωσης εστίασαν τις προσπάθειές τους στην ανάπτυξη επανδρωμένων διαστημικών σταθμών, ενώ το επανδρωμένο διαστημικό πρόγραμμα της NASA εστίασε στην ανάπτυξη των διαστημικών λεωφορείων. Το επίσημο «τέλος» στον αμερικανοσοβιετικό ανταγωνισμό για την κατάκτηση του Διαστήματος δόθηκε το 1975, με την υλοποίηση της πρώτης κοινής αμερικανοσοβιετικής αποστολής *Apollo–Soyuz*.

Σήμερα, το ανεξίτηλο αποτύπωμα της μπότας του Άρμτρονγκ στην σεληνιακή γη, οι διαστημοσκευές και τα επιστημονικά όργανα που έχουν εγκαταλειφθεί εκεί είναι αδιάψευστοι μάρτυρες του σπουδαίου αυτού κατορθώματος και της τεράστιας προσπάθειας που προηγήθηκε. Είναι βέβαιο ότι μια μέρα θα επιστρέψουμε στην Σελήνη και ίσως κάποτε υλοποιήσουμε επανδρωμένες αποστολές και προς άλλους πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος. Αυτές όμως οι πρώτες μας επισκέψεις σε έναν άλλο κόσμο θα ζουν στην ανθρώπινη μνήμη για πάντα ★

*Τα ίχνη που άφησαν με τις μπότες τους οι πρώτοι αστροναύτες στην Σελήνη θα παραμείνουν ανεξίτηλα για πολλές χιλιετίες ακόμα (φωτογρ. NASA).*

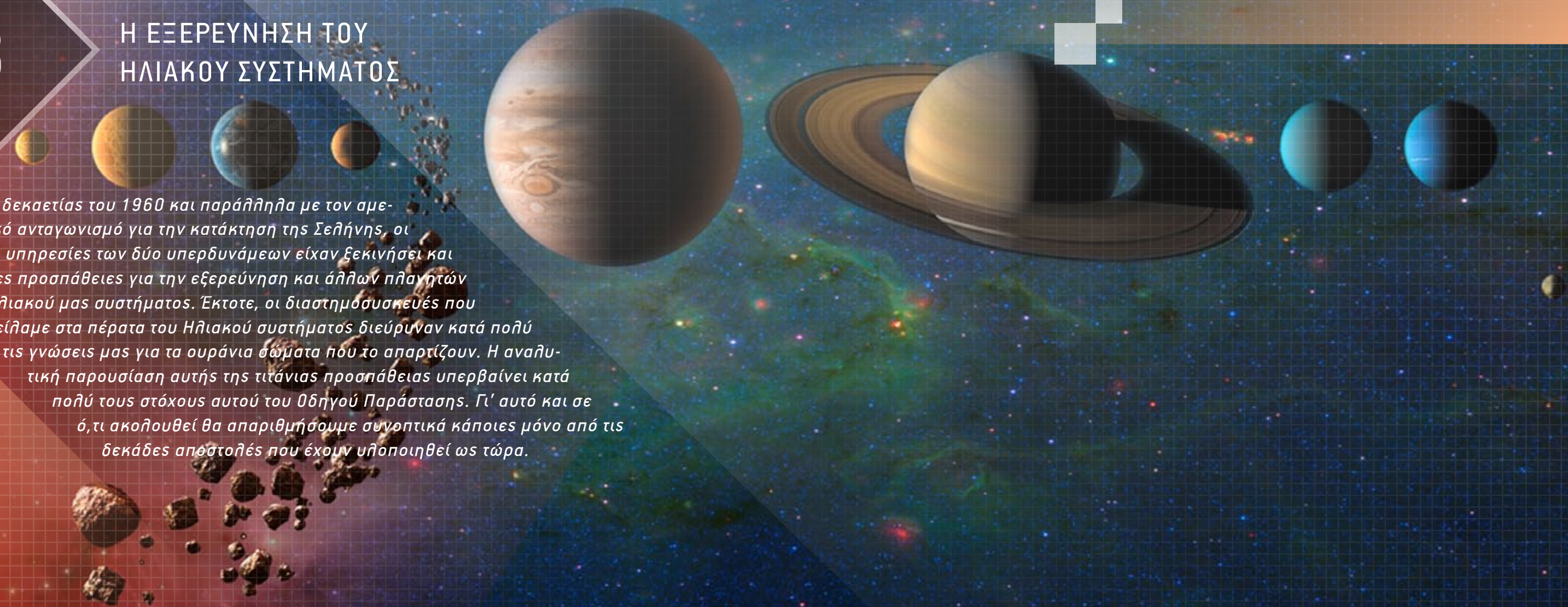


03

## Η ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

*Στην διάρκεια της δεκαετίας του 1960 και παράλληλα με τον αμερικανοσοβιετικό ανταγωνισμό για την κατάκτηση της Σελήνης, οι διαστημικές υπηρεσίες των δύο υπερδυνάμεων είχαν ξεκινήσει και τις πρώτες προσπάθειες για την εξερεύνηση και άλλων πλανητών του Ηλιακού μας συστήματος. Έκτοτε, οι διαστημοσυσσκευές που στείλαμε στα πέρατα του Ηλιακού συστήματος διεύρυναν κατά πολύ τις γνώσεις μας για τα ουράνια σώματα που το απαρτίζουν. Η αναλυτική παρουσίαση αυτής της titάνιας προσπάθειας υπερβαίνει κατά πολύ τους στόχους αυτού του Οδηγού Παράστασης. Γι' αυτό και σε ό,τι ακολουθεί θα απαριθμήσουμε συνοπτικά κάποιες μόνο από τις δεκάδες αποστολές που έχουν υλοποιηθεί ως τώρα.*

*Αναπαράσταση του Ηλιακού μας συστήματος  
(φωτογρ. NASA).*



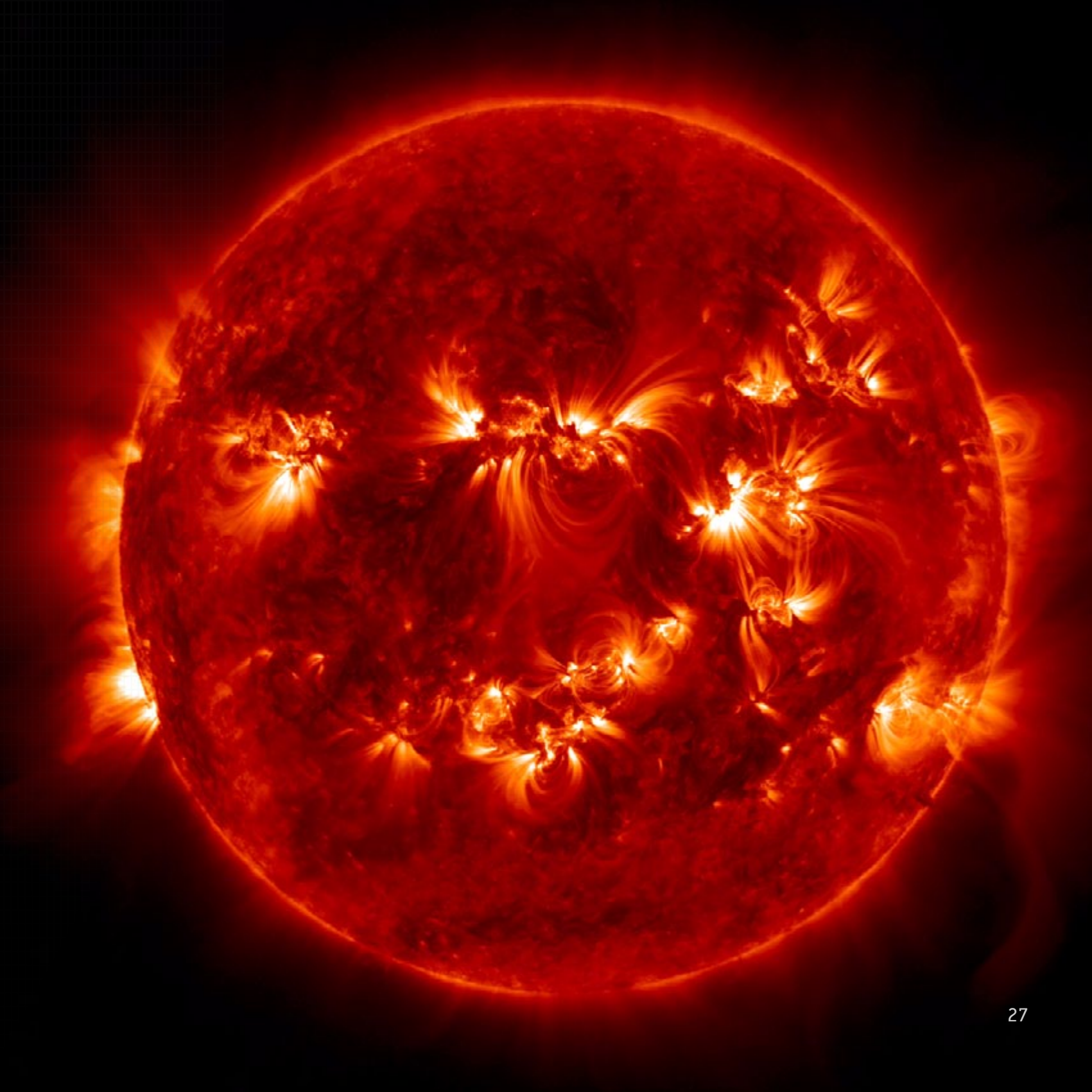
■ εκινώντας την παρουσίασή μας αυτή από τον  
■ Ήλιο, το πρώτο βήμα για την συστηματικότερη  
■ μελέτη του από το Διάστημα πραγματοποιήθηκε από τη NASA στο πλαίσιο των διαστημικών προγραμμάτων **OSO** (1962–1975) και **Pioneer** (1965–1968). Έκτοτε, αρκετά ακόμη διαστημικά αστεροσκοπεία εκτοξεύθηκαν γι' αυτόν τον σκοπό, αναμφίβολα όμως στα σπουδαιότερα απ' αυτά συγκαταλέγονται το SOHO και το SDO. Το **SOHO**, αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ NASA και ESA, εκτοξεύθηκε τον Δεκέμβριο του 1995 και παρόλο που ο αρχικός σχεδιασμός της αποστολής του προσδιόριζε τον χρόνο λειτουργίας του στα 2 έτη, το διαστημικό αυτό αστεροσκοπείο συνεχίζει να λειτουργεί ακόμη και σήμερα. Το **SDO** της NASA, από την άλλη, εκτοξεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2010, προκειμένου να μελετήσει σε ακόμη μεγαλύτερο βάθος τις διαφορετικές εκφάνσεις της ηλιακής δραστηριότητας, αλλά και τον τρόπο που η δραστηριότητα αυτή επηρεάζει τον πλανήτη μας.

Όσον αφορά στον Ερμή, τον εσώτατο πλανήτη του Ηλιακού μας συστήματος, μόλις δύο διαστημικές αποστολές τον έχουν επισκεφθεί μέχρι στιγμής. Η πρώτη απ' αυτές υλοποιήθηκε το 1974–75, με την βοήθεια του διαστημικού οχήματος **Mariner 10** της NASA, το οποίο κατόρθωσε να φωτογραφίσει σχεδόν την μισή του επιφάνεια. Η δεύτερη αποστολή προς τον Ερμή ξεκίνησε το 2004 με την εκτόξευση του διαστημικού οχήματος **Messenger** της NASA, το οποίο ολοκλήρωσε την χαρτογράφηση της επιφάνειάς του και συνέλεξε τεράστιο όγκο δεδομένων, ο οποίος θα αναλύεται για αρκετά χρόνια από τους επιστήμονες. Το Messenger ολοκλήρωσε την αποστολή του με την ελεγχόμενη πρόσκρουσή του στην επιφάνεια του Ερμή στις 30 Απριλίου του 2015. Την σκυτάλη της εξερεύνησης του Ερμή θα παραλάβει η διαστημική αποστολή

**BepiColombo**, που σχεδιάζεται από τον **ESA** και τον **JAXA**, δηλαδή τον Ευρωπαϊκό και τον Ιαπωνικό Οργανισμό Διαστήματος, η οποία αναμένεται να εκτοξευθεί το 2018.

Ο δεύτερος πλανήτης από τον Ήλιο είναι η Αφροδίτη. Έχοντας αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τη Γη, όπως παραπλήσιο μέγεθος, μάζα, πυκνότητα και σύσταση, η Αφροδίτη συχνά προσδιοριζόταν στο παρελθόν ως η «δίδυμη» αδελφή του πλανήτη μας. Από την πρώτη, όμως, αποστολή Mariner 2 (ΗΠΑ, 1962), τις 13 αποστολές Venera (ΕΣΣΔ, 1967–1983), τις ρωσικές Vega 1 & 2 (1978–1992), τις αμερικανικές Pioneer Venus 1 & 2 (1978–1992), μέχρι και την διαστημοσυσκευή Cassini-Huygens (1998/99), τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει για την Αφροδίτη μας αποκάλυψαν μία εντελώς διαφορετική εικόνα. Πραγματικά, η άνυδρη, υπέρπυκνη και γεμάτη διοξείδιο του άνθρακα ατμόσφαιρά της καλύπτεται από πυκνά νέφη διοξειδίου του θείου, τα οποία ανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην Αφροδίτη. Εξαιτίας, ωστόσο, ενός ανεξέλεγκτου φαινομένου του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία στην επιφάνειά της αγγίζει τους 465 °C, είναι δηλαδή μεγαλύτερη ακόμη κι απ' αυτήν του Ερμή, παρόλο που ο πλανήτης αυτός είναι ο πλησιέστερος προς τον Ήλιο. Η αποστολή **Venus Express** του ESA, που εκτοξεύθηκε το 2005, ήταν η τελευταία μέχρι στιγμής που υλοποιήθηκε με στόχο τη μελέτη της Αφροδίτης και τα στοιχεία που συνέλεξε διέυρυναν σημαντικά τις γνώσεις μας γι' αυτήν. Η αποστολή αυτή ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 2014.

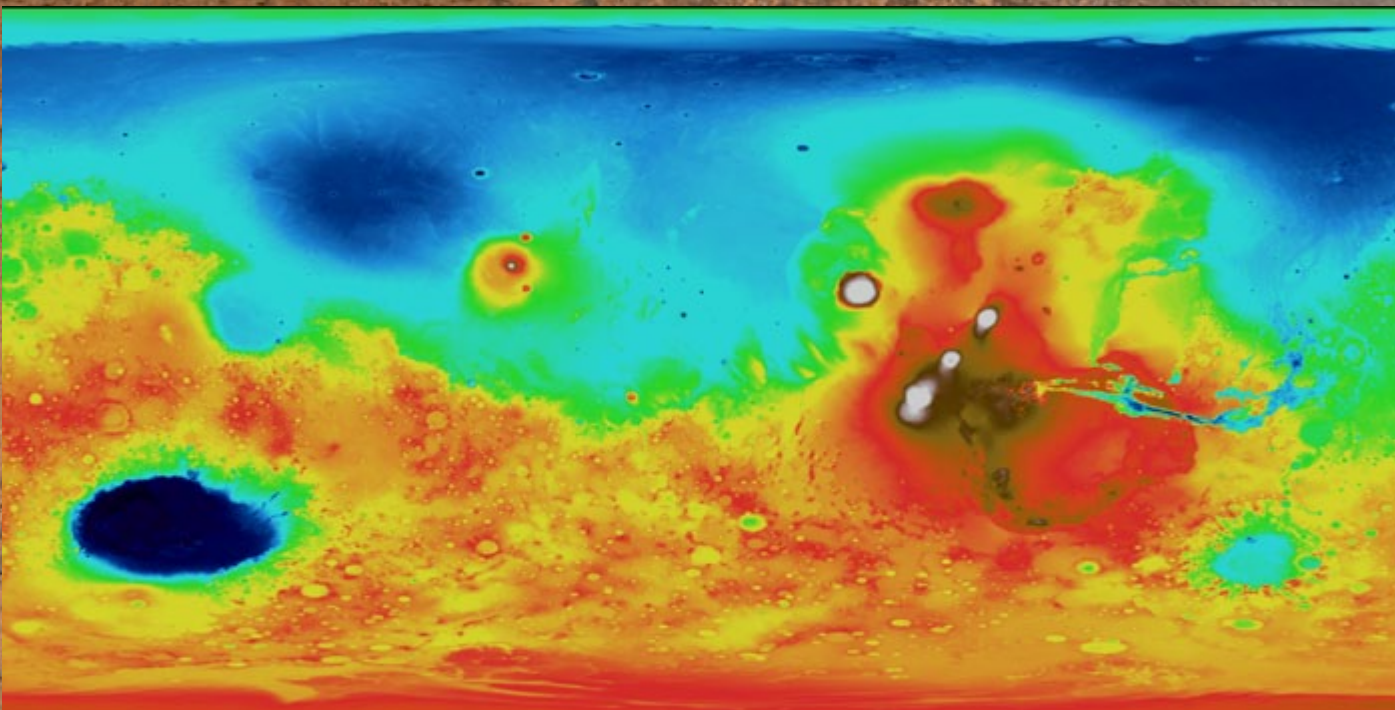
*Ο Ήλιος σε σύνθεση εικόνων που ελήφθησαν από το τροχιακό αστεροσκοπείο SDO τον Μάιο του 2015 (φωτογρ. Solar Dynamics Observatory, NASA).*



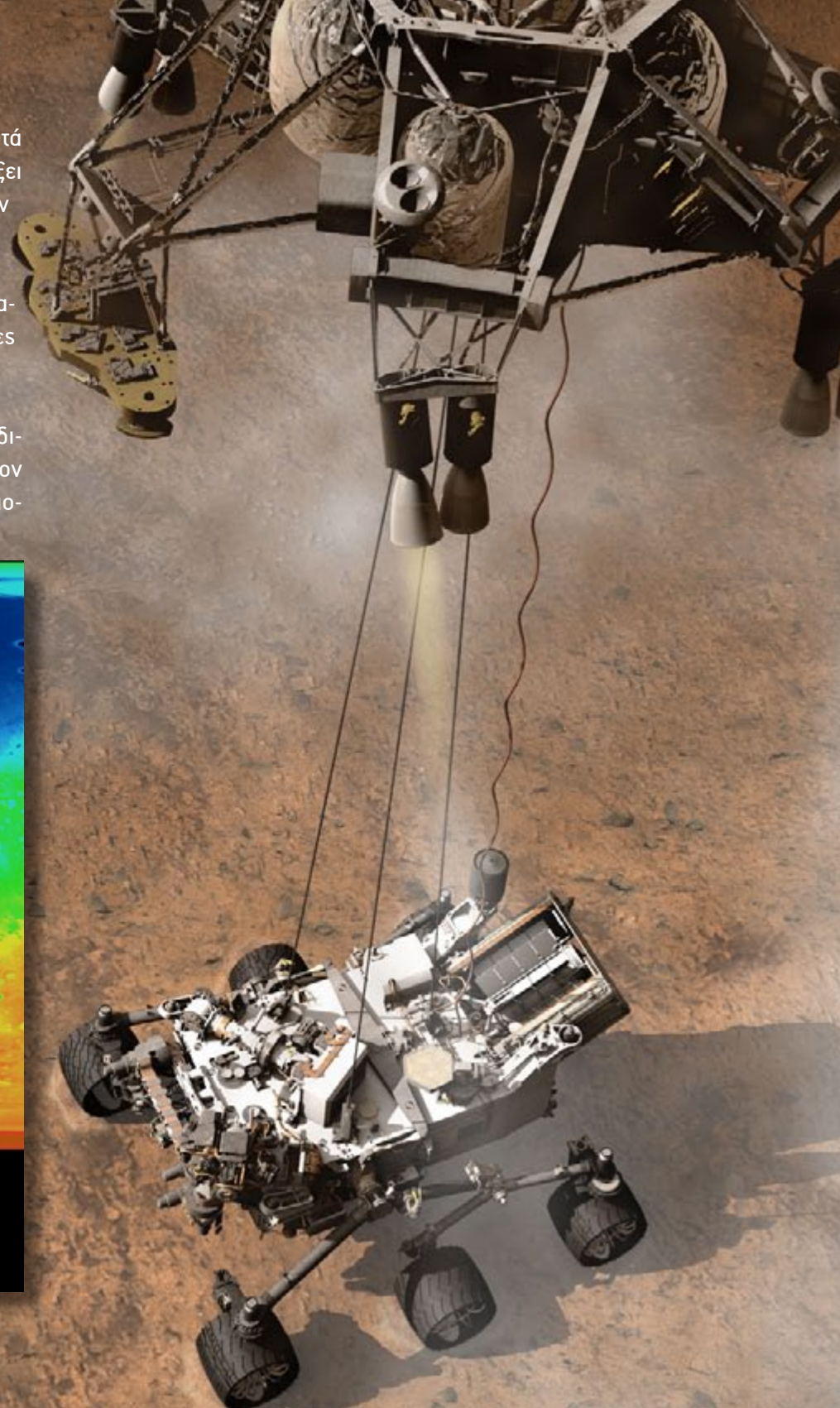
Η πρώτη σημαντική αποστολή προς τον Άρη, από την άλλη, ξεκίνησε το 1971 με την εκτόξευση του *Mariner 9*, το οποίο φωτογράφησε, μεταξύ άλλων, το τεράστιο ηφαίστειο *Olympus Mons*, το μεγαλύτερο του Ηλιακού μας συστήματος, καθώς και τον γιγάντιο κρατήρα πρόσκρουσης *Eλλάς*. Η σημαντικότερη, ωστόσο, ανακάλυψη του Mariner 9 ήταν ένα τεράστιο σύστημα από φαράγγια, χαράδρες, ρωγμές και ρήγματα, που εκτείνεται για τουλάχιστον 4.000 km, το οποίο ονομάστηκε *Κοιλιά-da Mariner* και αποτέλεσε την πρώτη σοβαρή ένδειξη ότι ο κόκκινος πλανήτης διέθετε κάποτε μεγάλα αποθέματα νερού. Έκτοτε, οι γνώσεις μας για τον πλανήτη που

φέρει το όνομα του θεού του πολέμου αυξήθηκαν κατά πολύ. Πραγματικά, όλα τα στοιχεία που έχουμε συλλέξει έως τώρα καταδεικνύουν ότι ο κόκκινος πλανήτης ήταν κάποτε ένας αρκετά πιο θερμός και «υγρός» πλανήτης, με σημαντική ατμόσφαιρα και αρκετά υψηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία και πίεση, καθώς και σημαντικές ποσότητες νερού, που σχημάτιζε ποτάμια, λίμνες και θάλασσες.

Είναι γεγονός, πάντως, ότι ο Άρης έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα «δύστροπος» στις προσπάθειές μας να τον εξερευνήσουμε, καθώς οι περισσότερες από τις απο-



Επίπεδος τοπογραφικός χάρτης του Άρη, όπου τα «ψυχρά» χρώματα υποδηλώνουν χαμηλότερο έδαφος. Η μεγάλη σκούρα μπλε κηλίδα αντιστοιχεί στον κρατήρα πρόσκρουσης *Eλλάς*. Δεξιότερα, ξεχωρίζει το ηφαίστειο *Olympus Mons* και αμέσως μετά η αλυσίδα των τριών ηφαιστειών *Ascræus*, *Pavois* και *Arsia*. Ακόμη δεξιότερα ξεκινά η γιγάντια σχισμή της κοιλάδας *Mariner* (φωτογρ. NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio).



στοιές που σχεδιάστηκαν γι' αυτόν τον σκοπό απέτυχαν. Παρόλ' αυτά, στα χρόνια που ακολούθησαν, η NASA υλοποίησε αρκετές αποστολές που στέφθηκαν με επιτυχία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι αποστολές *Mars Global Surveyor* (1996-2006) και *Mars Pathfinder* (1996-1998), η οποία συνοδεύτηκε από την επιτυχή προσεδάφιση του ρομποτικού οχήματος *Sojourner* τον Ιούλιο του 1997. Το 2001, η NASA εκτόξευσε το τροχιακό αστεροσκοπείο *Mars Odyssey* (2001-), ενώ δύο χρόνια αργότερα εκτόξευσε προς τον Άρη τα δίδυμα οχήματα *Spirit* και *Opportunity*, τα οποία προσεδάφιστηκαν στην επιφάνειά του τον Ιανουάριο του 2004. Στις 12 Αυγούστου 2005, η NASA εκτόξευσε το τροχιακό παρατηρητήριο *Mars Reconnaissance Orbiter*, το οποίο τέθηκε σε τροχιά γύρω από τον πλανήτη στις 10 Μαρτίου 2006. Η επόμενη διαστημική αποστολή προς τον πλανήτη Άρη ήταν εκείνη της διαστημοσυσκευής *Phoenix* της NASA, η οποία προσεδάφιστηκε στην επιφάνειά του τον Μάιο του 2008. Η διαστημική αποστολή *Mars Science Laboratory* της NASA, από την άλλη, εκτοξεύθηκε τον Νοέμβριο του 2011, με στόχο την προσεδάφιση στην αρειανή επιφάνεια του ρομποτικού οχήματος *Curiosity*, που ολοκληρώθηκε με επιτυχία τον Αύγουστο του 2012. Αξίζει να αναφερθεί, τέλος, ότι μέχρι το 2020, η NASA και ο ESA σχεδιάζουν την υλοποίηση τριών ακόμη μη επανδρωμένων αποστολών προς τον Άρη.

Στο όριο μεταξύ των εσωτερικών και των εξωτερικών πλανητών του Ηλιακού μας συστήματος βρίσκεται η **Ζώνη των Αστεροειδών**, που αποτελείται από βραχώ-

Καλλιτεχνική αναπαράσταση της προσεδάφισης του ρομποτικού οχήματος *Curiosity* (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech).



δη συντρίμμια του πρώιμου Ηλιακού συστήματος, τα οποία δεν κατόρθωσαν να συσσωματωθούν σε μεγαλύτερα ουράνια σώματα. Παρόλο που αρκετά διαστημικά οχήματα την έχουν ήδη διασχίσει, μέχρι στιγμής μόλις 3 διαστημικές αποστολές έχουν υλοποιηθεί με αποκλειστικό στόχο την συστηματική μελέτη κάποιου αστεροειδούς: οι αποστολές NEAR, Hayabusha και Dawn, σημαντικότερη εκ των οποίων ήταν η τελευταία. Η διαστημοσυσσκευή *Dawn* της NASA εκτοξεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2007, με προορισμό τον πλανήτη-νάνο Δήμητρα και την Εστία, τα δύο μεγαλύτερα ουράνια σώματα της Ζώνης. Χάρη στα δεδομένα που συνέλεξε, οι αστρονόμοι χαρτογράφησαν την επιφάνειά τους, ενώ συνεχίζουν τις μελέτες τους, προκειμένου να προσδιορίσουν με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια τα επιφανειακά ορυκτά και τα χημικά στοιχεία που τα απαρτίζουν.

Η εξερεύνηση των αέριων γιγάντων του Ηλιακού μας συστήματος, από την άλλη, ξεκίνησε με τις αποστολές

*Pioneer 10* (1972) και *Pioneer 11* (1973) της NASA, οι οποίες προσέπεραν τον Δία και τον Κρόνο, συλλέγοντας τα πρώτα στοιχεία γι' αυτούς. Την σκυτάλη της εξερεύνησης των γιγάντιων πλανητών ανέλαβαν στην συνέχεια οι θρυλικές διαστημοσυσσκευές Voyager 1 και 2 (1973). Το *Voyager 1*, ειδικότερα, κατόρθωσε μέσα σε λίγες μόνο μέρες να μας παρουσιάσει μία εντελώς νέα εικόνα για τον μεγαλύτερο πλανήτη του Ηλιακού συστήματος. Κατέγραψε, για παράδειγμα, βίαιες θύελλες και αστραπές στην ατμόσφαιρά του και επιβεβαίωσε ότι περιβάλλεται από μαγνητικό πεδίο. Εκτός αυτού, εντόπισε 9 ενεργά ηφαίστεια στην Ιώ, παρέχοντας

την πρώτη απόδειξη για την ύπαρξη ενός γεωλογικά ενεργού ουράνιου σώματος εκτός του πλανήτη μας, ενώ απεικόνισε την επιφάνεια της Ευρώπης, του Γανυμήδη και της Καλλιστός, τριών άλλων δορυφόρων του Δία. Στην συνέχεια το Voyager 1 προσέπεσε τον Κρόνο τον Νοέμβριο του 1980, ενώ πλέον έχει διαβεί τα όρια της ηλεκτρομαγνητικής κυριαρχίας του Ήλιου, κινούμενο στο μεσοαστρικό Διάστημα. Η διαστημοσυσσκευή *Galileo* (1989) ήταν η πρώτη που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τον Δία, ενώ μετέφερε και έναν μικρό ανιχνευτή, ο οποίος, προτού καταστραφεί από τις μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις που επικρατούν στο εσωτερικό του, κατόρθωσε να συλλέξει δεδομένα για τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιράς του.

Η διαστημοσυσσκευή *Juno*, η τελευταία μέχρι στιγμής που σχεδιάστηκε για την εξερεύνηση του Δία, εκτοξεύθηκε στις 5 Αυγούστου 2011, ενώ τέθηκε σε τροχιά γύρω του τον Ιούλιο του 2016. Όσον αφορά στα μελλο-

ντικά σχέδια εξερεύνησης του Δία, ο ESA θα υλοποιήσει την αποστολή *JUICE*, η οποία αναμένεται να εκτοξευθεί το 2022, με κύριο στόχο την συλλογή δεδομένων για τους δορυφόρους Γανυμήδη, Καλλιστός και Ευρώπη. Η NASA, από την άλλη, διερευνά την δυνατότητα υλοποίησης της αποστολής *Europa Clipper* προς την Ευρώπη, προκειμένου να διερευνηθεί το κατά πόσο οι συνθήκες που επικρατούν στον παγωμένο αυτόν δορυφόρο θα μπορούσαν να ευνοήσουν την εμφάνιση ζωής στον ωκεανό που κρύβει στο εσωτερικό του.

Ένα άλλο ορόσημο στην εξερεύνηση του Ηλιακού συστήματος επιτεύχθηκε με την εκτόξευση της διαστημοσου-

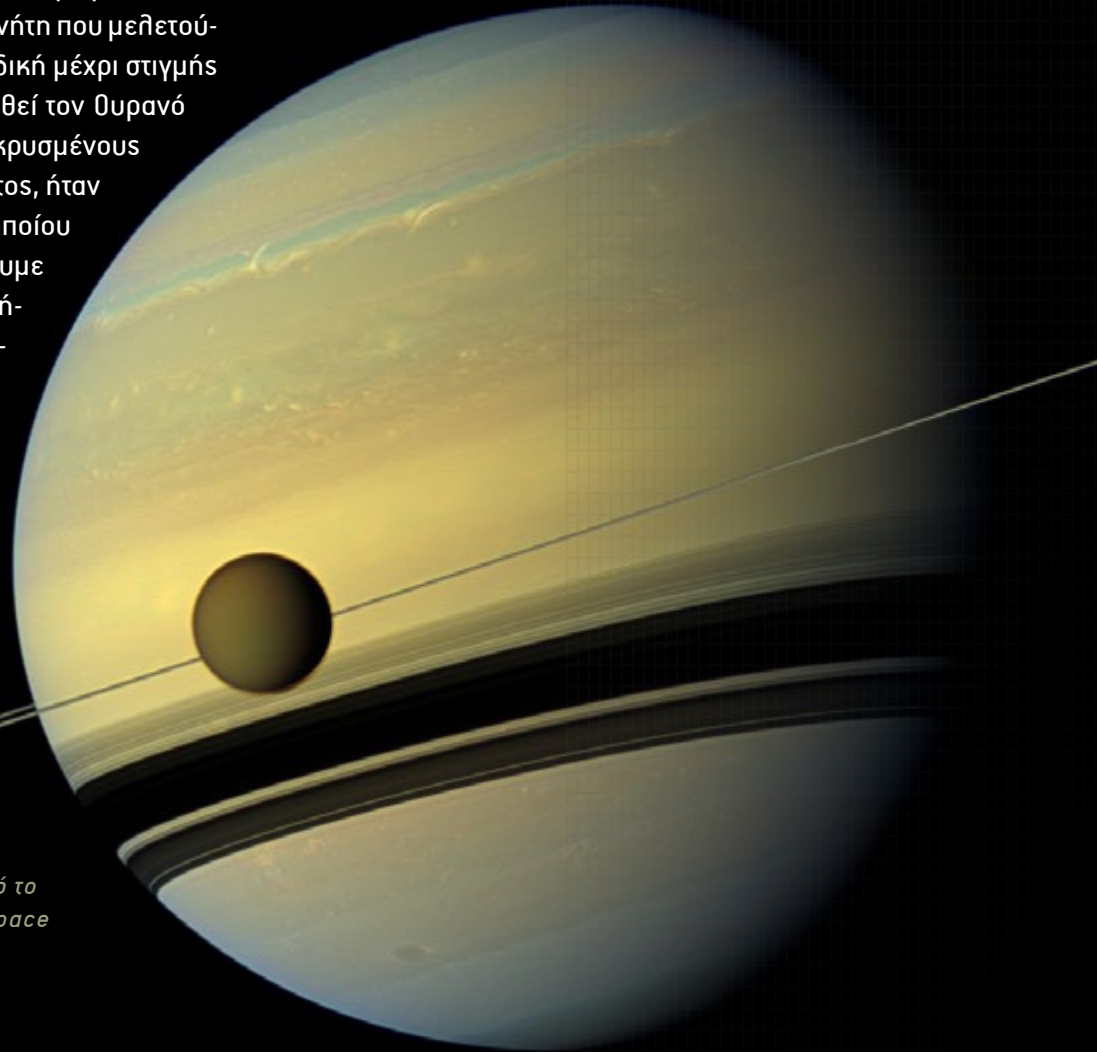
*Καλλιτεχνική αναπαράσταση της επιφάνειας της Ευρώπης, με τον Δία στο βάθος (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech).*

σκευής **Cassini-Huygens** στις 15 Οκτωβρίου 1997 από το Ακρωτήριο Canaveral. Η διαστημική αυτή αποστολή, που συνέβαλε όσο καμία άλλη στην διαλεύκανση των μυστικών του Κρόνου, των δακτυλίων και των δορυφόρων του, αποτελείται από το τροχιακό αστεροσκοπείο Cassini, το οποίο από τον Ιούλιο του 2004 βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον Κρόνο, καθώς και την διαστημική κάψουλα Huygens, η οποία προσεδάφιστηκε στον Τιτάνα, τον μεγαλύτερο δορυφόρο του, τον Ιανουάριο του 2005. Η αποστολή του Cassini ολοκληρώθηκε στις 15 Σεπτεμβρίου του 2017 με την καταστροφή του στο εσωτερικό της ατμόσφαιρας του πλανήτη που μελετούσε επί 13 χρόνια. Αντιθέτως, η μοναδική μέχρι στιγμής διαστημοσυσκευή που έχει επισκεφθεί τον Ουρανό και τον Ποσειδώνα, τους πιο απομακρυσμένους πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος, ήταν το Voyager 2, στα δεδομένα του οποίου οφείλονται πολλά απ' όσα γνωρίζουμε σήμερα για τους δύο αυτούς πλανήτες. Δυστυχώς, όμως, δεν προβλέπεται κάποια μελλοντική αποστολή προς αυτούς, στο ορατό μέλλον τουλάχιστον.

Όσον αφορά στην εξερεύνηση της **Ζώνης Kuiper** που εκτείνεται πέρα από την τροχιά του Ποσειδώνα, μία μόνο διαστημοσυσκευή έχει επισκεφθεί μέχρι στιγμής αυτήν την περιοχή του Ηλιακού

μας συστήματος. Η διαστημοσυσκευή **New Horizons** της NASA εκτοξεύθηκε τον Ιανουάριο του 2006, με προορισμό τον πλανήτη-νάνο Πλούτωνα, τον οποίο και προσέγγισε στην μικρότερη δυνατή απόσταση στις 14 Ιουλίου 2015. Έχοντας ήδη συλλέξει σημαντικό όγκο δεδομένων για τον παγωμένο αυτόν κόσμο και τους δορυφόρους του, το New Horizons κινείται αυτήν την στιγμή στα όρια της Ζώνης Kuiper, επιχειρώντας να προσεγγίσει ένα ακόμα από τα παγωμένα ουράνια σώματα που την απαρτίζουν, στο οποίο αναμένεται να φθάσει την Πρωτοχρονιά του 2019.

Ο Τιτάνας διέρχεται μπροστά από τον Κρόνο, σε φωτογραφία που ελήφθη από το Cassini (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech/ Space Science Institute).



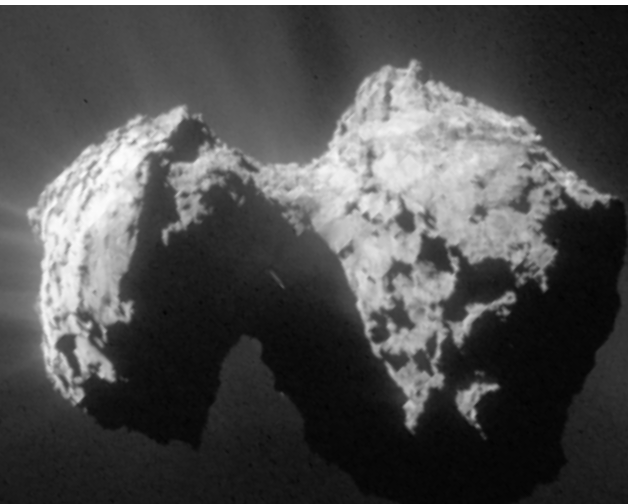
Τα τελευταία 40 περίπου χρόνια ξεκίνησε και η υλοποίηση αποστολών για την μελέτη των κομητών. Το 1986, για παράδειγμα, στην τελευταία μέχρι στιγμής προσέγγιση του κομήτη του **Χάλεϋ**, 5 διαστημικά οχήματα, 2 σοβιετικά, 2 ιαπωνικά και 1 ευρωπαϊκό, συνέλεξαν αρκετά δεδομένα. Τον Φεβρουάριο του 1999, εκτοξεύθηκε το διαστημικό όχημα **Stardust**, προκειμένου να συλλέξει και να μεταφέρει στη Γη σωματίδια από τον κομήτη **Wild-2**. Η αποστολή ήταν επιτυχής και η διαστημοσυσκευή επέστρεψε από το διαστημικό της ραντεβού με τον κομήτη, απελευθερώνοντας τον Ιανουάριο του 2006 μία κάψουλα, η οποία μετέφερε στη Γη για πρώτη φορά τέτοιου είδους υλικό. Η διαστημοσυσκευή **Deep Impact** της NASA, από την άλλη, εκτοξεύθηκε τον Ιανουάριο του 2005, προκειμένου να μελετήσει την εσωτερική σύσταση του κομήτη **Tempel-1**. Για τον σκοπό αυτόν εξαπέλυσε μία βολίδα προς τον κομήτη τον Ιούλιο του 2005 και ανέλυσε τα υλικά του που εκτινάχθηκαν στο Διάστημα.

Η προσπάθεια να απαντηθούν τα ερωτήματα που σχετίζονται με την προέλευση του νερού και των πρώτων πολύπλοκων οργανικών μορίων στον πλανήτη μας, που ήταν καθοριστικά για την εμφάνιση της ζωής σ' αυτόν, οδήγησε τον ESA στον σχεδιασμό μίας ακόμη διαστημι-

κής αποστολής για την μελέτη ενός κομήτη. Η αποστολή αυτή ονομάστηκε **Rosetta** και εκτοξεύθηκε το 2004, με προορισμό τον κομήτη **67P Churyumov-Gerasimenko**. Τον Αύγουστο του 2014, η Rosetta ξεκίνησε την χαρτογράφηση της επιφάνειάς του, καθώς και την συλλογή άλλων δεδομένων, ενώ σε μία εντυπωσιακή «πρωτιά» του ESA, το **Philae**, ένα μικρότερο διαστημικό όχημα που μετέφερε η Rosetta, προσεδάφιστηκε στον κομήτη στις 12 Νοεμβρίου του 2014. Η ιστορική αποστολή της Rosetta ολοκληρώθηκε στις 30 Σεπτεμβρίου 2016, με την ελεγχόμενη πρόσκρουσή της πάνω στον ίδιο κομήτη που μελετούσε για περισσότερα από δύο χρόνια. Η ανάλυση, όμως, των δεδομένων που συνέλεξε θα συνεχίζεται για πολλά ακόμη χρόνια.

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μη επανδρωμένων αποστολών για την εξερεύνηση των ουράνιων σωμάτων του Ηλιακού μας συστήματος προφανώς θα συνεχιστεί και στο μέλλον. Παράλληλα, όμως, μεγάλες διαστημικές υπηρεσίες, όπως η NASA και ο ESA, καθώς και ο ιδιωτικός τομέας, επεξεργάζονται σχέδια για την επιστροφή του ανθρώπου στην Σελήνη, διερευνώντας παράλληλα και τις δυνατότητες υλοποίησης της πρώτης επανδρωμένης αποστολής προς τον Άρη ★

Ο κομήτης Churyumov-Gerasimenko σε εικόνα που ελήφθη από την διαστημοσυσκευή Rosetta (φωτογρ. ESA/Rosetta/NAVCAM).



04

## ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣΤΗ ΣΕΛΗΝΗ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΡΗ

*Ελάχιστοι αστροναύτες έχουν αντικρίσει το μαγευτικό θέαμα της Γης να ανατέλλει πάνω από την επιφάνεια της Σελήνης. Σε μερικά χρόνια, όμως, θα το δουν πολλοί περισσότεροι, αφού οι μεγάλες κρατικές διαστημικές υπηρεσίες, καθώς και ο ιδιωτικός τομέας, ήδη διερευνούν διεξοδικά την επανέναρχη των επανδρωμένων αποστολών προς τον φυσικό μας δορυφόρο. Παράλληλα, όμως, επεξεργάζονται και τα πρώτα σχέδια για την υλοποίηση της πρώτης επανδρωμένης αποστολής προς τον Άρη. Παρ' όλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει το σπουδαίο αυτό εγχείρημα, η πρώτη επανδρωμένη αποστολή της NASA προς τον κόκκινο πλανήτη θα μπορούσε να υλοποιηθεί ακόμη και στην διάρκεια της δεκαετίας του 2030.*

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση εργασιών για την κατασκευή σεληνιακής βάσης (φωτογρ. ESA/Foster + Partners).*

Είναι γεγονός ότι η επανέναρξη των επανδρωμένων αποστολών στην Σελήνη, η υλοποίηση της πρώτης επανδρωμένης αποστολής προς τον Άρη, η κατασκευή μόνιμων βάσεων στον φυσικό μας δορυφόρο, και ακολούθως στον κόκκινο πλανήτη, εξάπτουν την φαντασία και συναρπάζουν. Ας μην ξεχνάμε, ωστόσο, ότι όσο πιο μακριά στοχεύουμε στο Διάστημα τόσο μεγαλύτερες είναι οι προκλήσεις και οι κίνδυνοι που θα αντιμετωπίσουμε. Πραγματικά, τα φιλόδοξα αυτά σχέδια επανέναρξης των επανδρωμένων αποστολών, αρχικά προς την Σελήνη και αργότερα προς τον Άρη, συνεπάγονται τεράστιο κόστος υλοποίησης, το οποίο εκτιμάται ότι είναι τουλάχιστον δεκαπλάσιο σε σχέση με εκείνο των μη επανδρωμένων αποστολών. Οι προκλήσεις που αφορούν στην ανάπτυξη και τον έλεγχο των απαραίτητων τεχνολογιών για την κατασκευή νέων, ισχυρότερων και αποδοτικότερων πυραύλων και διαστημοσυσκευών, δεν έχουν σε καμία περίπτωση αντιμετωπιστεί, ενώ οι επιστήμονες και οι μηχανικοί που επεξεργάζονται αυτά τα σχέδια δεν είναι ακόμη σε θέση να εγγυηθούν την ασφάλεια των αστροναυτών που θα συμμετέχουν μελλοντικά σε αποστολές μεγαλύτερης διάρκειας.

Μέχρι στιγμής, ωστόσο, η εμπειρία που έχουμε αντλήσει τα τελευταία 40 περίπου χρόνια κατά την πολύμηνη διαβίωση αστροναυτών στους πρώτους διαστημικούς σταθμούς, από την συμμετοχή τους στις αποστολές των διαστημικών λεωφορείων και πιο πρόσφατα από την συστηματική παραμονή τους στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, μας έχουν διδάξει πολλά. Για παράδειγμα, οι γνώσεις που αποκομίσαμε όσον αφορά στις αρνητικές επιπτώσεις της παρατεταμένης παραμονής των αστροναυτών σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας είναι κομβικής σημασίας για την προστασία της υγείας εκείνων που θα συμμετέχουν μελλοντικά σε διαστημικές αποστολές μεγαλύτερης δι-

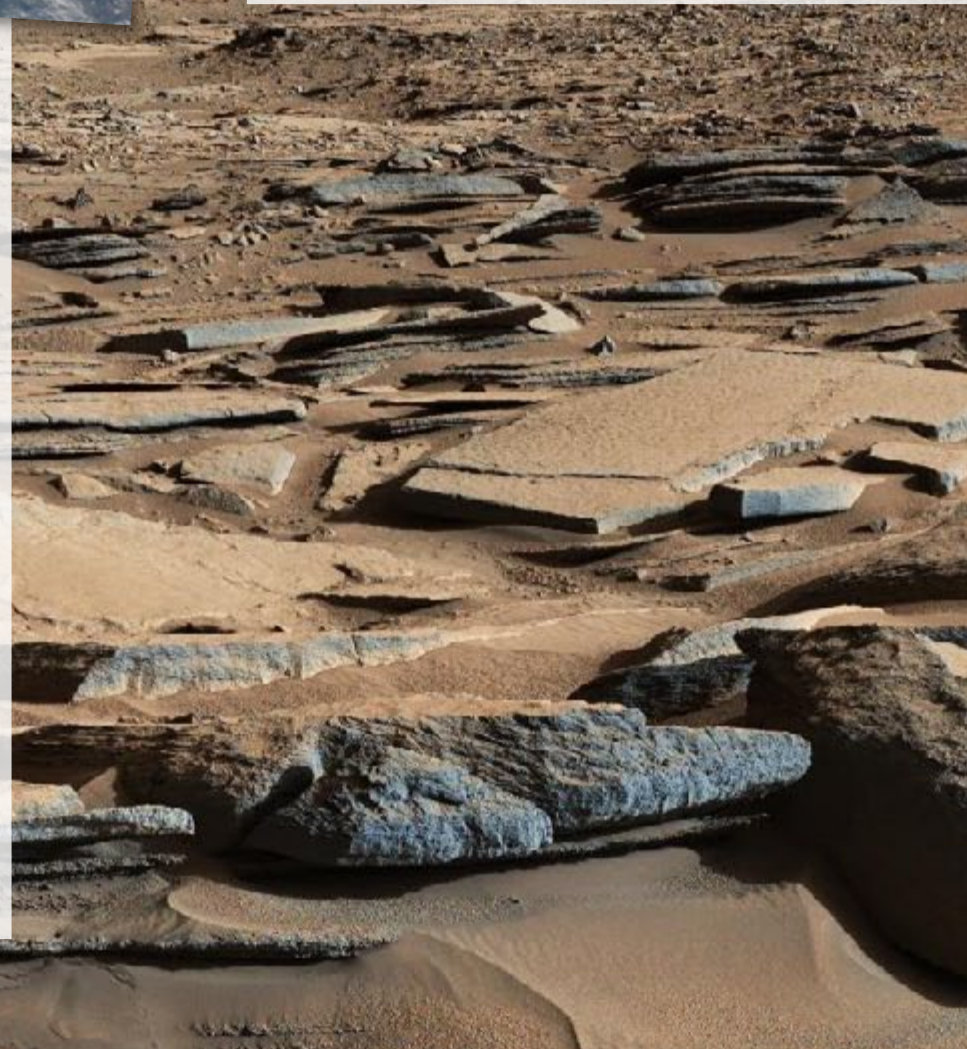


*Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός σε εικόνα που ελήφθη από αστροναύτη του διαστημικού λεωφορείου Discovery (φωτογρ. NASA).*

άρκειας. Πραγματικά, γνωρίζουμε σήμερα ότι η μεγάλη χρονικά παραμονή στο Διάστημα προκαλεί μυϊκή ατροφία και οστεοπόρωση, ενώ η έκθεση των αστροναυτών στις επικίνδυνες ακτινοβολίες των ηλιακών εκλάμψεων, καθώς και των κοσμικών ακτίνων που προέρχονται από το απώτερο Διάστημα, πολλαπλασιάζουν τον κίνδυνο θανάτου τους από καρκίνο. Παρόλο που οι επιστήμονες διερευνούν διεξοδικά τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους θα βελτιώσουν την θωράκιση των θαλάμων διαβίωσης των αστροναυτών από τις ακτινοβολίες αυτές, οι περισσότεροι απ' αυτούς συνεπάγονται και σημαντική αύξηση του βάρους των διαστημοσυσκευών μας, καθιστώντας την εκτόξευσή τους ακόμη πιο δαπανηρή και δύσκολη.

Μία άλλη πρόκληση που θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε στις επανδρωμένες αποστολές του μέλλοντος σχετίζεται με την ψυχολογική προετοιμασία των αστροναυτών. Εάν, για παράδειγμα, αναλογιστούμε ότι η πρῶ-

τη επανδρωμένη αποστολή προς τον πλανήτη Άρη θα διαρκέσει τουλάχιστον 2 χρόνια, κανείς δεν γνωρίζει με βεβαιότητα το πώς θα επηρεαστεί η συμπεριφορά των αστροναυτών που θα είναι αναγκασμένοι να ζουν σε έναν εξαιρετικά περιορισμένο χώρο για ένα τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα, με δεδομένη την απουσία εναλλακτικών επιλογών για την απασχόλησή τους στις ατελείωτες ώρες ελεύθερου χρόνου που θα έχουν στην διάθεσή τους. Κανείς δεν γνωρίζει το πώς θα αντιδράσει ο ανθρώπινος εγκέφαλος σε συνθήκες διαρκούς πίεσης και άγχους και με την γνώση ότι μία αποστολή διάσωσης δεν θα μπορεί να υλοποιηθεί έγκαιρα.



Με αυτά τα δεδομένα και λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα ρομποτικό όχημα μπορεί να διερευνήσει καλύτερα, ταχύτερα και φθηνότερα ακόμη και τους πιο μακρινούς και αφιλόξενους προορισμούς, πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι τα οφέλη από τις επανδρωμένες αποστολές δεν επαρκούν, ώστε να δικαιολογήσουν την υλοποίησή τους. Άλλοι επιστήμονες, εντούτοις, εστιάζοντας στον μοναδικό τρόπο με τον οποίο το ανθρώπινο μυαλό αξιολογεί δεδομένα, λαμβάνει αποφάσεις και προσαρμόζεται σε νέες καταστάσεις, θεωρούν ότι οι επανδρωμένες αποστολές υπερτερούν σε σχέση με εκείνες που υλοποιούνται μόνο από ρομποτικές διαστημοσυσκευές. Ας μην ξεχνάμε ακόμα ότι είναι στην φύση μας να εξερευνούμε το άγνωστο και ότι δεν υπάρχει μεγαλύτερη πρόκληση από το άγνωστο του Διαστήματος.

Απ' ό,τι φαίνεται, λοιπόν, η επανέναρξη των επανδρωμένων αποστολών προς την Σελήνη θα αποτελέσει το πρώτο και κομβικής σημασίας προπαρασκευαστικό βήμα για την πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη. Πραγματικά, η κούρσα για την «κατάκτηση» του κόκκινου πλανήτη έχει ήδη αρχίσει. Το ερώτημα είναι ποιος θα φτάσει πρώτος: οι κρατικές διαστημικές υπηρεσίες ή μήπως ο ιδιωτικός τομέας; Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι το τεράστιο κόστος και οι μεγάλες τεχνολογικές προκλήσεις, στις οποίες αναφερθήκαμε περιληπτικά, μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με την διακρατική συνεργασία όλων των διαστημικών υπηρεσιών του κόσμου, καθώς και με την σύμπραξη του ιδιωτικού τομέα, στα πρότυπα ίσως άλλων διακρατικών ερευνητικών οργανισμών, όπως είναι το CERN.

*Άποψη της αρειανής επιφάνειας σε φωτογραφία του Curiosity (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech/MSSS).*

Και σ' αυτήν την περίπτωση, ωστόσο, αρκετοί επιστήμονες εκτιμούν ότι η πρώτη επανδρωμένη αποστολή εκ μέρους της ανθρωπότητας προς τον Άρη δεν θα είναι δυνατόν να υλοποιηθεί νωρίτερα από την δεκαετία του 2030, ίσως ακόμη και του 2040. Εκτός από το μεγάλο κόστος, ένας από τους λόγους για τον οποίο καθυστερεί ακόμη η υλοποίηση μίας τέτοιας αποστολής είναι ότι περιορίζεται από την αυτονόητη απαίτηση για την παροχή αποδείξεων ότι η αποστολή αστροναυτών προς τον κόκκινο πλανήτη μπορεί να υλοποιηθεί με σχετική, έστω, ασφάλεια. Η ιδιωτική πρωτοβουλία, αντιθέτως, δεν περιορίζεται από τέτοιου είδους «ανησυχίες», αφού ως γνωστόν αναλαμβάνει μεγαλύτερα ρίσκα, αδιαφορώντας πολλές φορές για τις συνέπειες. Ο **Elon Musk** της εταιρείας **SpaceX**, για παράδειγμα, ανακοίνωσε ότι θα οργανώσει την πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη μέσα στην δεκαετία του 2020. Είτε έτσι, είτε αλλιώς, πάντως, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η πρώτη αποστολή αστροναυτών στον Άρη τις επόμενες δεκαετίες θα αιχμαλωτίσει το μυαλό και τις καρδιές των ανθρώπων όσο καμία άλλη.

Απ' ό,τι φαίνεται, όμως, ο Musk είναι υπερβολικά αισιόδοξος ή υπερβολικά αδιάφορος για τους κινδύνους που θα αντιμετωπίσουν οι αστροναύτες του. Τα πολλαπλά και συγκεκριμένα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι επανδρωμένες αποστολές προς τον Άρη δεν έχουν σε καμία περίπτωση επιλυθεί, ούτε από τους επιστήμονες του ιδιωτικού τομέα, ούτε από τους επιστήμονες της NASA ή των άλλων διαστημικών υπηρεσιών. Ο **Σταμάτης Κριμιζής**, ένας από τους σπουδαιότερους επιστήμονες διεθνώς στον χώρο της διαστημικής φυσικής, Επικεφαλής Ερευνητής της NASA σε πολλαπλές διαστημικές αποστολές, μεταξύ των οποίων εκείνες των δύο Voyager και του Cassini, ανέφερε χαρακτηριστικά σε συνέντευξή του τον Δεκέμβριο του 2016 στην εφημερίδα [Ναυτεμπορική](#):

*«Παρακολούθησα από κοντά τον Σεπτέμβριο την ομιλία του Musk στην Γκουανταλαχάρα του Μεξικού, όπου παρουσίασε τον οδικό χάρτη για τον εποικισμό του Άρη. Κάποια ορόσημα που έθεσε, όπως η δημιουργία μίας μόνιμης βάσης 200.000 ανθρώπων μέχρι το 2100, θα έλεγα πως ανήκουν στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας. Προσωπικά συντάσσομαι με την πιο πρόσφατη αξιολόγηση της αμερικανικής Ακαδημίας Επιστημών που έχω διαβάσει, σύμφωνα με την οποία η πρώτη αποστολή αστροναυτών στον Άρη τοποθετείται από το 2050 κι έπειτα. Μάλιστα, είμαι σίγουρος πως θα γίνει πραγματικότητα με τη συνεργασία όλων των υπηρεσιών Διαστήματος. Ο λόγος που θα πρέπει να περάσουν τουλάχιστον τρεις δεκαετίες είναι πως καμία κρατική υπηρεσία δεν θα έστειλε ανθρώπους στον Άρη, αν δεν είχε τη δυνατότητα να εγγυηθεί πως θα ταξιδέψουν και θα επιστρέψουν με ασφάλεια. Από την άλλη μεριά, βέβαια, μία ιδιωτική εταιρεία μπορεί να δοκιμάσει νωρίτερα, ζητώντας όμως από τους εθελοντές να ρισκάρουν ακόμη και τη ζωή τους».*

Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια μίας επανδρωμένης αποστολής, τόσες περισσότερες προμήθειες θα πρέπει να μεταφέρει μία διαστημοσυσσκευή, τόσο καλύτερα θωρακισμένη θα πρέπει να είναι απέναντι στις βλαβερές ακτινοβολίες και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερο βάρος θα έχει. Παρόλ' αυτά, η NASA ήδη αναπτύσσει τον μεγαλύτερο και ισχυρότερο πύραυλο της ιστορίας της, γνωστό ως το «Διαστημικό Σύστημα Εκτόξευσης» (Space Launch System, **SLS**), καθώς και το νέο της διαστημόπλοιο **Orion**, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση της εκτόξευσης του SLS από την πλατφόρμα εκτόξευσης 39 Β στο Διαστημικό Κέντρο Kennedy (φωτογρ. NASA/MSFC).*

υλοποίηση επανδρωμένων αποστολών μεγαλύτερης διάρκειας. Ειδικά σχεδιασμένος για την υλοποίηση αποστολών σε μακρινούς προορισμούς του Ηλιακού συστήματος και ικανός να μεταφέρει πολύ μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο απ' οποιονδήποτε άλλο πύραυλο στην ιστορία της διαστημικής εξερεύνησης, ο SLS θα χρησιμοποιηθεί σε πρώτη φάση για την επανέναρξη των επανδρωμένων αποστολών προς την Σελήνη. Απώτερος στόχος, φυσικά, είναι να βελτιωθεί η απόδοσή του, ώστε να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά του πρώτου πληρώματος στον

Άρη. Εάν, μάλιστα, ο πύραυλος SLS επιβεβαιώσει τις προσδοκίες των σχεδιαστών του, θα μπορεί να εκτοξεύσει ωφέλιμο φορτίο τουλάχιστον 70 τόνων.

Σύμφωνα, μάλιστα, με τον έως τώρα σχεδιασμό της NASA, βελτιωμένες εκδοχές αυτού του πυραύλου θα χρησιμοποιηθούν καθόλη την διάρκεια της επόμενης δεκαετίας για την υλοποίηση αρκετών ακόμη αποστολών προς την Σελήνη, επανδρωμένων και μη, όλο και μεγαλύτερης διάρκειας. Όπως είπαμε και προηγουμένως, οι αποστολές



αυτές αποτελούν μοναδική ευκαιρία, όχι μόνο για τον σχολαστικό έλεγχο και την διαρκή βελτίωση του πυραύλου και του διαστημοπλοίου που θα χρησιμοποιηθούν, αλλά και για την εξίσου σχολαστική προετοιμασία των αστροναυτών που θα επανδρώσουν την πρώτη αποστολή προς τον Άρη, η οποία σύμφωνα με τα πιο αισιόδοξα σενάρια θα υλοποιηθεί εντός του 2033.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα όσα γνωρίζουμε έως τώρα, το προκαταρκτικό επιτελικό πρόγραμμα της NASA για την υλοποίηση της αποστολής αυτής, περιλαμβάνει 4 στάδια, το πρώτο απ' τα οποία θα είναι η παρθενική εκτόξευση του SLS και ενός μη επανδρωμένου Orion προς την Σελήνη, η οποία προγραμματίζεται να υλοποιηθεί εντός του 2019. Εάν η αποστολή αυτή στεφθεί με επιτυχία, θα ακολουθήσουν 5 ακόμη εκτοξεύσεις πυραύλων SLS, η πρώτη εκ των οποίων ίσως χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση μίας άλλης αποστολής, και συγκεκριμένα εκείνης του **Europa Clipper**, στην οποία αναφερθήκαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Οι υπόλοιπες 4 αποστολές του πρώτου σταδίου θα είναι επανδρωμένες και θα έχουν ως στόχο την μεταφορά τμημάτων του νέου διαστημικού σταθμού Deep Space Gateway (**DSG**), ο οποίος θα συναρμολογηθεί σε τροχιά κοντά στην Σελήνη και θα αποτελέσει την βάση εκτόξευσης για το διαστημόπλοιο που θα μεταφέρει τους πρώτους αστροναύτες στον Άρη. Με την ολοκλήρωση της κατασκευής του DSG στα μέσα της επόμενης δεκαετίας, θα ξεκινήσει η δεύτερη φάση του προγράμματος, που αφορά στην ανάπτυξη ενός συστήματος μεταφοράς για επανδρωμένες αποστολές μεγαλύτερης εμβέλειας, ου-

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση του διαστημικού σταθμού DSG, βασισμένου σε σχέδια της Lockheed Martin.*





σιαστικά ενός διαστημοπλοίου, με την ονομασία Deep Space Transport (**DST**). Με βάρος 41 τόνων, το DST θα περιλαμβάνει θάλαμο διαβίωσης, καθώς και όλα όσα είναι απαραίτητα για την συντήρηση και την επιστημονική εργασία των αστροναυτών που θα συμμετέχουν σε αποστολές μακράς διάρκειας.

Σύμφωνα με τα έως τώρα σχέδια της NASA, το DST θα κάνει την παρθενική του πτήση προς τον διαστημικό σταθμό DSG το 2027. Ένα ή δύο χρόνια αργότερα, το DST θα επαναλάβει αυτό το ταξίδι, αυτήν την φορά όμως με ένα πλήρωμα τεσσάρων αστροναυτών, οι οποίοι θα παραμείνουν στο εσωτερικό του για περισσότερο από έναν χρόνο, καθώς θα περιφέρονται γύρω από την Σελήνη. Η παραμονή αστροναυτών σε τροχιά γύρω από τη Σελήνη γι' αυτό το χρονικό διάστημα έχει ως στόχο να ελεγχθεί και να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του DST, προτού χρησιμοποιηθεί για την αποστολή προς τον Άρη.

Με την προϋπόθεση ότι και αυτό το στάδιο του προγράμματος θα ολοκληρωθεί με επιτυχία, το τρίτο στάδιο, που υπολογίζεται ότι θα ξεκινήσει ίσως και εντός του 2030, θα περιλαμβάνει δύο ακόμη αποστολές με την βοήθεια πυραύλων SLS, οι οποίες θα μεταφέρουν στο διαστημόπλοιο τα απαραίτητα καύσιμα, τις προμήθειες και εντέλει το τετραμελές πλήρωμα που θα στελεχωσει την πρώτη

επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη. Η αποστολή αυτή υπολογίζεται ότι θα διαρκέσει περίπου δύο με τρία χρόνια και θα περιλαμβάνει ενδεχομένως και μικρές διάρκειας παραμονή του διαστημοπλοίου σε τροχιά γύρω από τον κόκκινο πλανήτη, προτού ξεκινήσει το ταξίδι της επιστροφής του πίσω στην Γη.

Εάν υποθέσουμε ότι αυτή η πρώτη αποστολή αστροναυτών στον Άρη θα έχει αίσιο τέλος, θα ακολουθήσει ένα τέταρτο στάδιο, το οποίο όμως παραμένει προς το παρόν ασαφές, ενώ δεν είναι ακόμη γνωστό πότε ακριβώς θα υλοποιηθεί. Ενδεχομένως, πάντως, να περιλαμβάνει ρομποτικές αποστολές για την μεταφορά θαλάμων διαβίωσης, καθώς και άλλων προμηθειών στην επιφάνεια του κόκκινου πλανήτη, οι οποίες θα περιμένουν τους πρώτους αστροναύτες που θα περπατήσουν στην επιφάνειά του. Απ' ό,τι φαίνεται, λοιπόν, η επανέναρξη των επανδρωμένων αποστολών, αρχικά προς την Σελήνη και λίγο αργότερα προς τον Άρη πρέπει να θεωρείται βέβαιη. Το ίδιο βέβαιη θα πρέπει να θεωρείται και η κατασκευή βάσεων στα δύο αυτά ουράνια σώματα. Ενδεχομένως, μάλιστα, σε 50 και πλέον χρόνια υλοποιήσουμε επανδρωμένες αποστολές και προς άλλα ουράνια σώματα του Ηλιακού μας συστήματος. Μπορούμε άραγε να ισχυριστούμε το ίδιο και για επανδρωμένες αποστολές προς άλλα αστρικά συστήματα;★

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση αστροναύτη στον Άρη [φωτογρ. NASA].*

05

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ: ΔΙΑΣΤΡΙΚΑ ΤΑΞΙΔΙΑ

*Ο Proxima-b, ο πλησιέστερος στην Γη εξωπλανήτης, βρίσκεται σε απόσταση που μόλις υπερβαίνει τα 4 έτη φως. Με την υπάρχουσα τεχνολογία, ωστόσο, η επίσκεψή μας σ' αυτόν είναι απαγορευτική. Είναι τόσο μικρές οι ταχύτητες των διαστημοσυσκευών μας και τόσο μεγάλες οι διαστημικές αποστάσεις, που ακόμη και μία αποστολή προς το πλησιέστερο σε μας αστρικό σύστημα, θα απαιτούσε δεκάδες χιλιάδες χρόνια, προκειμένου να υλοποιηθεί. Για να επισκεφθούμε, δηλαδή, άλλα αστρικά συστήματα, απαιτούνται ακραία υψηλές ταχύτητες, που μόνο με νέες επιστημονικές γνώσεις, νέες τεχνολογίες και νέα καύσιμα θα μπορέσουν ίσως να επιτευχθούν.*

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση του εξωπλανήτη Proxima b, του πλησιέστερου στην Γη εξωπλανήτη (φωτογρ. ESO/M. Kornmesser).*



**Η** έρευνα για την ανάπτυξη ταχύτερων διαστημοσκευών ξεκίνησε την δεκαετία του 1960, στην διάρκεια του ανταγωνισμού των τότε υπερδυνάμεων για την ανάπτυξη πυρηνικών όπλων. Η καταστροφική ισχύς των όπλων αυτών οφείλεται στα τεράστια ποσά ενέργειας που εκλύονται κατά την διάσπαση (σχάση) βαρέων ατομικών πυρήνων σε ελαφρύτερους. Θα μπορούσε άραγε να «χαλιναγωγηθεί» αυτή η πυρηνική ενέργεια, προωθώντας ένα διαστημόπλοιο με την βοήθεια αλληλεπλληλών και ελεγχόμενων τέτοιων εκρήξεων; Οι μελέτες που ακολούθησαν, οδήγησαν στον σχεδιασμό της διαστημοσκευής **Ωρίωνας** που, θεωρητικά τουλάχιστον, θα έφτανε στον Άρη σ' έναν μόλις μήνα. Εντέλει, όμως, το πρόγραμμα αυτό δεν προχώρησε ποτέ. Στην διάρκεια της επόμενης δεκαετίας, Βρετανοί μηχανικοί που διερευνούσαν τις δυνατότητες που προσφέρει το αντίθετο της πυρηνικής σχάσης, δηλαδή η πυρηνική σύντηξη, σχεδίασαν το **Πρόγραμμα Δαίδαλος**. Ο Δαίδαλος ήταν ένας γιγάντιος πυραύλος που υποτίθεται ότι θα προσέγγιζε ένα άλλο γειτονικό μας άστρο σε 50 μόλις χρόνια, χρησιμοποιώντας ως καύσιμο την ενέργεια που εκλύεται κατά την θερμοπυρηνική σύντηξη ελαφρών πυρήνων. Τα σχέδια, ωστόσο, του πυραύλου αποδείχτηκαν προβληματικά και οι τεχνολογικές δυσκολίες του προγράμματος ανυπέρβλητες.

Έκτοτε, παρόλο που αρκετοί επιστήμονες συνέχισαν να διερευνούν τις τεράστιες επιστημονικές και τεχνολογικές προκλήσεις ενός ταξιδιού στα άστρα, το ταξίδι αυτό θα παραμείνει για πολύ καιρό ακόμη σενάριο επιστημονικής φαντασίας. Ας δούμε γιατί. Το πλησιέστερο σε μας άστρο είναι ο **Εγγύτατος του Κενταύρου**, το ένα από τα τρία γειτονικά μας άστρα που απαρτίζουν το τριπλό αστρικό σύστημα, Άλφα Κενταύρου. Η «κλασική», ωστόσο, μέθοδος προώθησης πυραύλων με την χρήση χημικών καυσίμων δεν επαρκεί για την υλοποίηση μίας

επανδρωμένης αποστολής προς αυτό, διότι η τελική τους ταχύτητα είναι πολύ μικρότερη από την επιθυμητή, ενώ οι τεράστιες ποσότητες των αναγκαίων καυσίμων θα καθιστούσαν το μέγεθός τους απαγορευτικά μεγάλο.

Το Voyager 1, για παράδειγμα, παρόλο που έχει απομακρυνθεί περισσότερο από κάθε άλλη διαστημοσκευή και παρόλο που συγκαταλέγεται ανάμεσα σ' αυτές που κινούνται με τις μεγαλύτερες ταχύτητες, 40 χρόνια μετά την εκτόξευσή του βρίσκεται σε απόσταση που «μόλις» υπερβαίνει τα 20 δισ. km. Με την ταχύτητά του αυτή, ωστόσο, θα χρειαζόταν περίπου 80.000 χρόνια, προκειμένου να διανύσει τα 40 τρισ. km που μας χωρίζουν από τον Εγγύτατο του Κενταύρου, αλλά και περισσότερα από 2 δισ. χρόνια, προκειμένου να διασχίσει τον Γαλαξία μας από την μία του άκρη στην άλλη! Πραγματικά, οι τεράστιες αποστάσεις είναι η μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίζουν τα διαστρικά ταξίδια αφού, προκειμένου να υλοποιηθούν, απαιτούνται όχι μόνο τεράστιες ταχύτητες, αλλά και ανάλογα μεγάλος χρόνος ταξιδιού.

Ήδη, όμως, επιστήμονες όπως ο **Gerard O'Neill** (1927–1992) οραματίστηκαν γιγάντιες κυλινδρικές αποικίες, κατασκευασμένες στο εσωτερικό αστεροειδών, οι οποίες θα φιλοξενούν διαδοχικές γενεές του αρχικού πληρώματος, ώστε αυτοί που θα φτάνουν στον τελικό προορισμό του ταξιδιού θα είναι οι μακρινοί απόγονοι εκείνων που το ξεκίνησαν! Μία άλλη λύση που έχει προταθεί, προκειμένου να παρακαμφθεί το πρόβλημα της εξαιρετικά μεγάλης διάρκειας των διαστρικών ταξιδιών, ιδιαίτερα δημοφιλής σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας, βασίζεται στην τεχνητή επιβράδυνση του

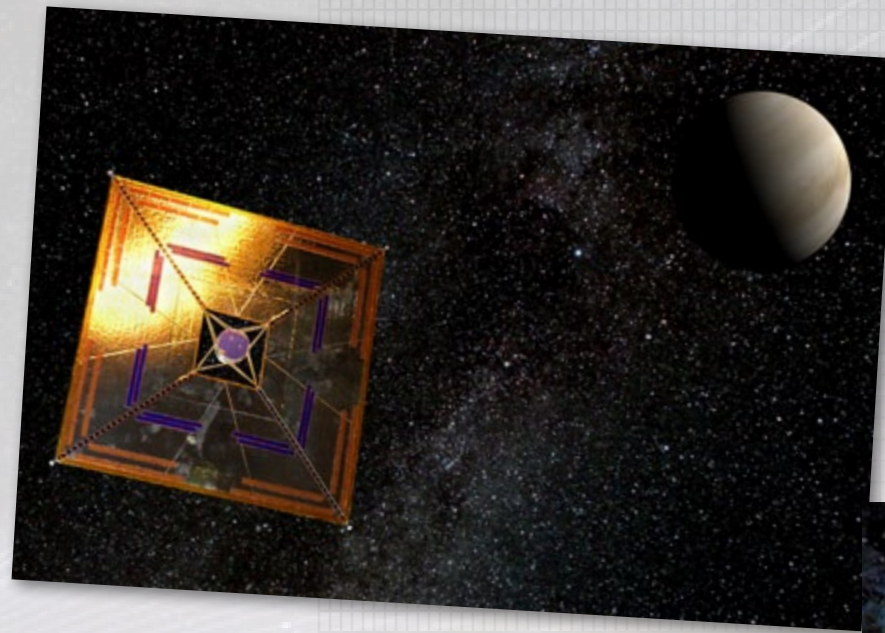
*Καλλιτεχνική αναπαράσταση της διαστημοσκευής Voyager 1 (φωτογρ. NASA).*



ανθρώπινου μεταβολισμού, την τοποθέτηση δηλαδή των αστροναυτών σε ένα είδος χειμερίας νάρκης. Με τα σημερινά δεδομένα, ωστόσο, οι περισσότεροι επιστήμονες θεωρούν ότι οι επανδρωμένες αποστολές σε άλλα αστρικά συστήματα είναι ανέφικτες και μόνο η αποστολή μη επανδρωμένων διαστημοσυσκευών θα μπορούσε ίσως να υλοποιηθεί.

Ένα άλλο και ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα που απασχολεί τους επιστήμονες είναι το τι «επιτρέπεται» και τι όχι, με βάση τους θεμελιώδεις νόμους της Φύσης, όπως τουλάχιστον τους γνωρίζουμε. Μπορούμε, για παράδειγμα, να επινοήσουμε τρόπους, προκειμένου να «παρακάμψουμε» τα θεμελιώδη θεωρητικά «εμπόδια» που μας «ορθώνουν» οι θεωρίες της σχετικότητας του Αϊνστάιν; Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, ειδικότερα, θέτει ένα ανώτατο και απαράβατο όριο ταχύτητας, σύμφωνα με το οποίο κανένα υλικό σώμα δεν μπορεί να κινηθεί με ταχύτητα ίση ή μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Και όμως, η ίδια αυτή θεωρία προσφέρει μία «διέξοδο» στο πρόβλημα της μεγάλης χρονικής διάρκειας των διαστημικών ταξιδιών. Γιατί, εάν υποθέσουμε ότι ένα διαστημόπλοιο μπορεί να επιταχυνθεί σε ταχύτητες παραπλήσιες μ' αυτήν του φωτός, το φαινόμενο της διαστολής του χρόνου, που προβλέπει η θεωρία, θα καθιστούσε την διάρκεια του ταξιδιού πολύ μικρότερη για τους επιβάτες του.

Παρόλ' αυτά, οι επιστήμονες ήδη διερευνούν εναλλακτικές και ευφάνταστες προσεγγίσεις, άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο «εξωφρενικές», όπως την κατασκευή πυραύλων, οι οποίοι θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο την ενέργεια που εκλύεται κατά την εξαΰλιση ύλης και αντιύλης. Η παραγωγή, ωστόσο, αντιύλης στις ποσότητες που απαιτούνται είναι ακόμη πάρα πολύ μακριά. Εάν, για παράδειγμα, το σπουδαίο ερευνητικό



*Καλλιτεχνική αναπαράσταση της διαστημοσυσκευής Ikaros της Ιαπωνικής Διαστημικής υπηρεσίας JAXA, της πρώτης διαστημοσυσκευής που μελέτησε την τεχνολογία των ηλιακών ιστίων στον διαπλανητικό χώρο (φωτογρ. Wikimedia Commons user Andrzej Mirecki, CC BY-SA 3.0).*

κέντρο CERN χρησιμοποιούσε όλους τους επιταχυντές του αποκλειστικά γι' αυτόν τον σκοπό, θα χρειαζόταν 1 εκατ. χρόνια για την παραγωγή ενός μόνο χιλιοστού του γραμμαρίου αντιύλης. Μ' αυτήν την ποσότητα αντιύλης, όμως, δεν θα πηγαίναμε μακρύτερα από τον Κρόνο!

Η μελλοντική χρήση ηλιακών ιστίων, αντιθέτως, μπορεί να υλοποιηθεί σχετικά σύντομα. Η ιδέα είναι αρκετά απλή και χρησιμοποιεί ως «καύσιμο» την πίεση της ακτινοβολίας που εκπέμπει ο Ήλιος, αλλά και κάθε άλλο άστρο, γεγονός που παρακάμπτει και την ανάγκη αποθήκευσης καυσίμων. Η αρχή λειτουργίας των ηλιακών ιστίων βασίζεται σ' ένα γνωστό φυσικό φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο τα φωτόνια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτουν στην επιφάνεια ενός λεπτού καθρέπτη, ανακλώνται προς τα πίσω, μεταφέροντας μέρος της ορμής τους στον καθρέπτη, που ωθείται έτσι προς την

αντίθετη κατεύθυνση. Εάν, λοιπόν, ήταν δυνατόν να κατασκευαστεί ένα υπέρλεπτο «ιστίο-καθρέπτη», η πίεση που θα ασκούσε σ' αυτό η ακτινοβολία των άστρων θα ήταν αρκετή, προκειμένου να επιταχύνει σταδιακά μία μικρή διαστημοσυσκευή σε πολύ μεγάλες ταχύτητες, κάτι που θα μπορούσε να επιτευχθεί και με την χρήση ακτίνων laser. Η NASA, μάλιστα, καθώς και ο ιδιωτικός τομέας, έχουν ήδη αρχίσει να διερευνούν τις δυνατότητες που προσφέρει η νέα τεχνολογία των ηλιακών ιστίων.

Για παράδειγμα, ο Ρώσος δισεκατομμυριούχος **Yuri Milner** και ο γνωστός βρετανός θεωρητικός φυσικός **Steven Hawking** ανακοίνωσαν πρόσφατα την χρηματοδότηση του προγράμματος **Breakthrough Starshot** με 100 εκατ. δολάρια, ώστε να διερευνηθούν οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την κατασκευή ενός μικροσκοπικού διαστημοπλοίου, το οποίο θα προωθείται με την τεχνική των ηλιακών ιστίων, που μόλις περιγράψαμε. Σύμφωνα με τις πρώτες θεωρητικές αναλύσεις, αυτή η

*Η υλοποίηση του προγράμματος Breakthrough Starshot βασίζεται στην κατασκευή μίας μεγάλης επίγειας διάταξης laser, με την βοήθεια της οποίας θα επιταχυνθεί μία μικρή διαστημοσυσκευή, εξοπλισμένη με ηλιακό ιστίο, προκειμένου να φτάσει στο άλφα Κενταύρου σε 20 μόλις χρόνια (φωτογρ. Breakthrough Initiatives).*



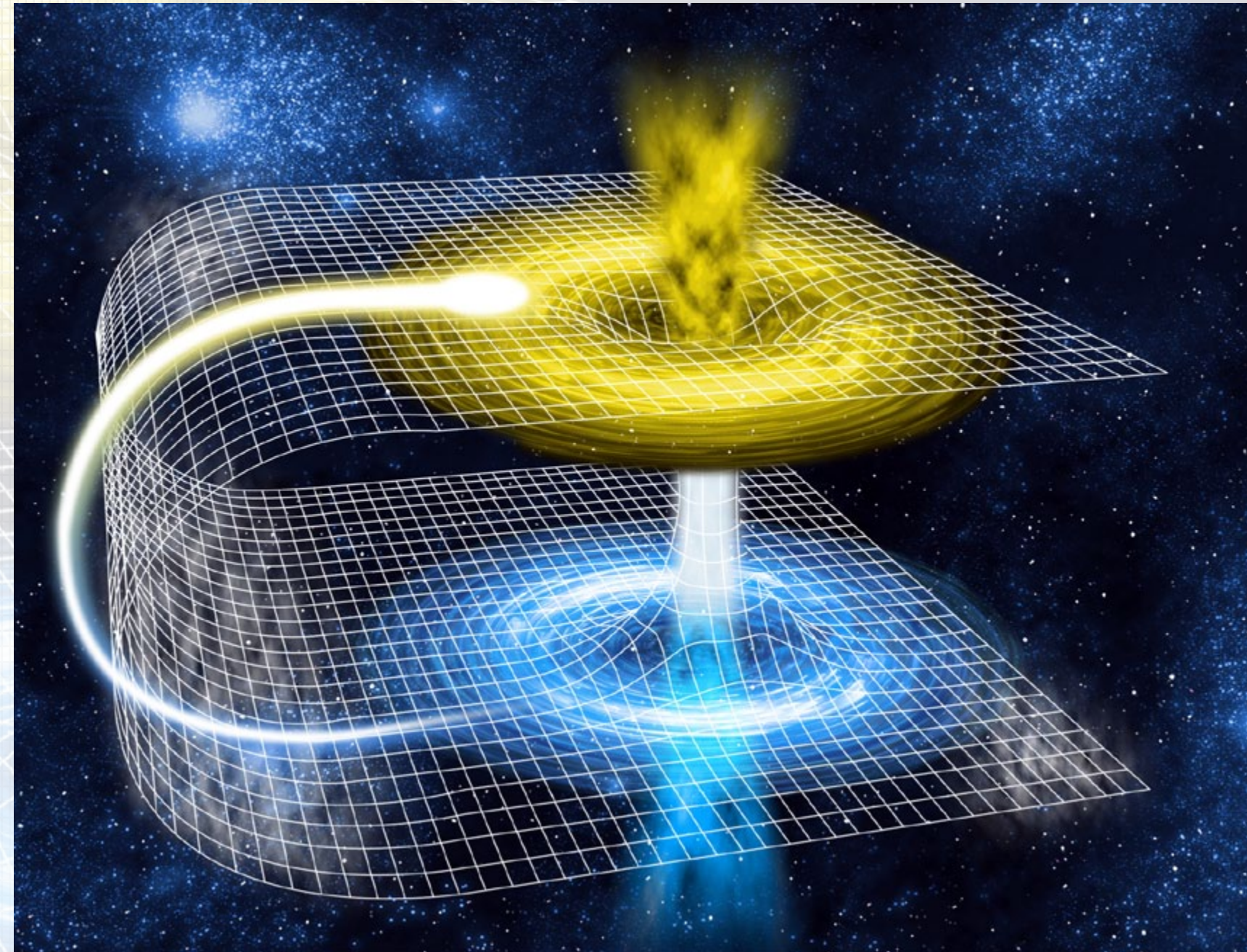
διαστημοσσκευή-μινιατούρα, θα είναι εξοπλισμένη με κάμερες και άλλα επιστημονικά όργανα, ενώ θα μπορεί να φτάσει στο Άλφα του Κενταύρου σε 20 μόλις χρόνια.

Ο θεωρητικός φυσικός **Miguel Alcubierre** και λίτρης του Star Trek, από την άλλη, ανακάλυψε μία θεωρητική λύση για την επίτευξη υπερφωτεινών ταχυτήτων, η οποία παραπέμπει στην θρυλική «προώθηση στρέβλωσης» του διαστημοπλοίου Enterprise. Πώς, όμως, θα μπορούσε να κινηθεί ένα διαστημόπλοιο με τέτοιες ταχύτητες, όταν γνωρίζουμε ότι η μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα στο Σύμπαν δεν μπορεί να υπερβεί την ταχύτητα του φωτός; Σύμφωνα με την Γενική θεωρία της Σχετικότητας, παρόλο που κανένα υλικό σώμα και καμία πληροφορία δεν μπορούν να κινηθούν με υπερφωτεινές ταχύτητες εντός του χωροχρόνου, ο ίδιος ο χωροχρόνος δεν υπόκειται σε τέτοιες απαγορεύσεις. Η μαθηματική λύση των εξισώσεων του Αϊνστάιν, που ανακάλυψε ο Alcubierre επομένως, προβλέπει την δημιουργία μίας «χωροχρονικής φουσαλίδας» στην ίδια την υφή του χωροχρόνου, με την παράξενη ιδιότητα να διαστέλλει τον χώρο πίσω της και να τον

συστέλλει κατά την φορά της κίνησής της, με ταχύτητα που μπορεί και να υπερβαίνει την ταχύτητα του φωτός.

Θεωρητικά, λοιπόν, τοποθετώντας ένα διαστημόπλοιο στο εσωτερικό μίας τέτοιας φουσαλίδας, θα μπορούσαμε να φτάσουμε στον προορισμό μας ταχύτερα απ' όσο χρόνο χρειάζεται μία φωτεινή ακτίνα και χωρίς να παραβιάζουμε κανέναν φυσικό νόμο. Μία τέτοια φουσαλίδα, δηλαδή, καθώς θα μετατοπίζεται εντός του χωροχρόνου με υπερφωτεινές ταχύτητες, θα «παρασέρνει» και κάθε διαστημόπλοιο που βρίσκεται στο κέντρο της, όπως περίπου ένα κύμα παρασέρνει μία ιστιοσανίδα. Την ίδια στιγμή, όμως, το θεμελιώδες αξίωμα της Ειδικής θεωρίας της Σχετικότητας θα διατηρείται «αλώβητο», αφού το διαστημόπλοιο θα παραμένει ακίνητο. Η απαίτηση της ύπαρξης μεγάλων ποσοτήτων αρνητικής ενέργειας είναι ένα μόνο από τα πολλά και απ' ό,τι φαίνεται ανυπερβλήτα θεωρητικά εμπόδια που αντιμετωπίζει αυτή η ευφυής, αλλά εντούτοις, εντελώς ανεφάρμοστη ιδέα.

Άλλοι θεωρητικοί φυσικοί υποστηρίζουν ότι η μετακίνηση ενός διαστημοπλοίου από μία περιοχή του Διαστήματος σε μία άλλη θα μπορούσε θεωρητικά να επιτευχθεί, όχι μέσω υπερφωτεινών ταχυτήτων, αλλά ακολουθώντας έναν συντομότερο δρόμο. Πραγματικά, όπως πρώτοι έδειξαν οι Αϊνστάιν και Nathan Rosen το 1935, δύο οποιαδήποτε χωροχρονικά σημεία στο Σύμπαν συνδέονται μεταξύ τους και από έναν δεύτερο «δρόμο», συντομότερο απ' αυτόν που ακολουθεί το φως, ένα είδος χωροχρονικής σήραγγας, που ονομάζεται **σκουληκότρυπα** ή **Γέφυρα Αϊνστάιν–Rosen**. Αυτή η



Το διαστημόπλοιο Enterprise.

συντομότερη οδός θα μπορούσε θεωρητικά να χρησιμοποιηθεί από ένα διαστημόπλοιο, το οποίο θα μετακινούνταν ταχύτατα από το ένα σημείο στο άλλο, όχι επειδή κινείται με ταχύτητα μεγαλύτερη απ' αυτήν του φωτός, αλλά διότι θα «έκοβε δρόμο».

Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, ωστόσο, οι σκουληκότρυπες, εάν βέβαια υπάρχουν, είναι εξαιρετικά ασταθείς και

θα κατέρρεαν πολύ ταχύτερα απ' όσο χρόνο θα χρειαζόταν ένα διαστημόπλοιο, προκειμένου να τις διασχίσει. Το μόνο που θα εμπόδιζε την «ενδόρρηξη» μίας σκουληκότρυπας πάνω στο διαστημόπλοιο που θα επιχειρούσε να την διασχίσει, είναι μία υποθετικής μορφής «εξωτική» ύλη με βαρυτικά απωστικές ιδιότητες. Όμως, παρόλο που οι σκουληκότρυπες, ως μαθηματικές λύσεις των εξισώσεων του Αϊνστάιν, αποτελούν την πιο «ακραία»

και παράξενη πρόβλεψη της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, η ύπαρξή τους αμφισβητείται.

Πρέπει, δηλαδή, να παραδεχτούμε ότι οι επιστημονικές και τεχνολογικές μας γνώσεις δεν επαρκούν για την υλοποίηση διαστηκών αποστολών. Ωστόσο, κανείς δεν γνωρίζει με βεβαιότητα πού θα μας οδηγήσει η επιστημονική έρευνα και η τεχνολογική πρόοδος στο απώτερο μέλλον. Είναι ενδεικτικό, μάλιστα, ότι καθόλη την διάρκεια της εξέλιξης των ιδεών στις φυσικές επιστήμες, πολλοί σπουδαίοι επιστήμονες ισχυρίζονταν κατά καιρούς ότι σύντομα θα γνωρίζαμε όλα όσα ήταν δυνατό να γνωρίζουμε για το Σύμπαν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο **Max Born** (1882–1970), ο μεγάλος Γερμανός φυσικός που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της κβαντικής φυσικής, ο οποίος υποστήριζε το 1928 ότι «η φυσική, όπως τη γνωρίζουμε, θα έχει τελειώσει σε 6 μήνες». Ακόμη και ο **Steven Hawking**, όταν το 1980 του απονεμήθηκε η Λουκασιανή έδρα στο Πανεπιστήμιο του Cambridge, στην εναρκτήρια ομιλία του υποστήριζε το ίδιο. Πόσο λάθος αποδείχτηκε ότι έκαναν! Γιατί κάθε φορά ερχόταν μία «μικρή ανακάλυψη» που αποδείκνυε το μέγεθος της άγνοιάς μας.

Επομένως, πού θα μας οδηγήσει αυτή η συναρπαστική περιπέτεια του Διαστήματος; Εάν υποθέσουμε ότι η επανδρωμένη εξερεύνηση των πλανητών και των δορυφόρων του Ηλιακού μας συστήματος, καθώς και η κατασκευή μόνιμων βάσεων, αρχικά στη Σελήνη και αργότερα αλλού, είναι κάτι που σίγουρα μπορούμε να επιτύχουμε, τα πρώτα μας βιολογικά βήματα εκτός του Ηλιακού συστήματος, εάν ποτέ γίνουν, είναι ακόμη πολύ μακριά. Όσο, όμως, διευ-

*Καλλιτεχνική αναπαράσταση ενός από τους μικρότερους εξωπλανήτες που έχουν ανακαλυφθεί μέχρι σήμερα, καθώς και του άστρου του που ανατέλλει πάνω από την επιφάνειά του (φωτογρ. ESO/L. Calçada).*

ρύνονται οι επιστημονικές μας γνώσεις και όσο αναπτύσσεται η τεχνολογία μας, θα ανοίγονται νέοι δρόμοι προς εξερεύνηση. Και ίσως κάποια μέρα ταξιδέψουμε ακόμη πιο μακριά. Γιατί, επαναλαμβάνοντας το απόφθεγμα του Tsiolkovsky, «η Γη είναι το λίκνο της ανθρωπότητας, αλλά δεν μπορεί κανείς να ζει στο λίκνο του για πάντα»!

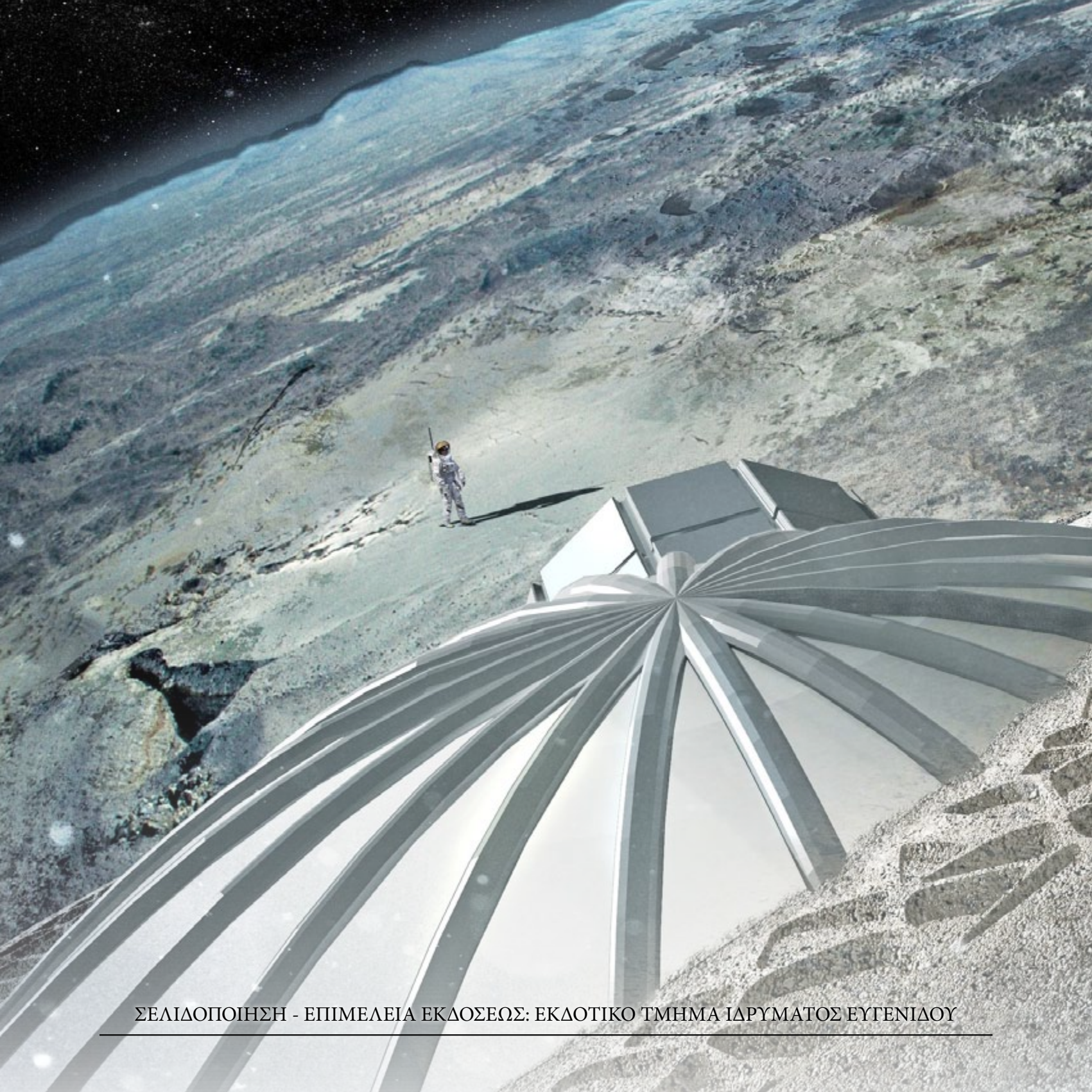
Μπορούμε, λοιπόν, να ονειρευόμαστε ότι μία μέρα θα τα καταφέρουμε. Τόσο κοντά μας, κι όμως τόσο μακριά, οι εκατοντάδες εξωπλανήτες που έχουμε ανακαλύψει ως τώρα βρίσκονται εκεί έξω και μας περιμένουν. Και αν κάποτε φτάσουμε σ' έναν απ' αυτούς, θα προσεδαφίσουμε το πρώτο μας ρομποτικό όχημα, με τον ίδιο ίσως τρόπο που επινοήσαμε για την προσεδάφιση ρομποτικών οχημάτων και στον Άρη. Αργά, αλλά σταθερά, ένας παράξενος νέος κόσμος θα μας αποκαλύψει τα μυστικά του. Και με κάθε νέα ανακάλυψη, οι αστροναύτες σ' αυτό το μακρινό μέλλον και σ' αυτόν τον μακρινό πλανήτη θα αναλογίζονται την οδύσσεια που τους οδήγησε εκεί. Μία διαστημική οδύσσεια που ξεκίνησε με τις επιστημονικές ανακαλύψεις και τα όνειρα των γενεών που προηγήθηκαν, μεταξύ των οποίων και της δικής μας.

Το πιθανότερο, βέβαια, είναι ότι αυτά τα ευφάνταστα σενάρια δεν θα υλοποιηθούν ποτέ. Προς το παρόν, λοιπόν, οι επανδρωμένες αποστολές προς άλλα αστρικά συστήματα θα παραμείνουν στον χώρο της επιστημονικής φαντασίας και απ' ό,τι φαίνεται θα παραμείνουν εκεί για αρκετές ακόμη χιλιετίες. Ποιος, ωστόσο, μπορεί να πει με βεβαιότητα τι είδους προκλήσεις θα υπερνικήσει στο μέλλον η ανθρώπινη ευφυΐα και εφευρετικότητα; Το σαγηνευτικό τραγούδι των Σειρήνων του Διαστήματος που μας καλεί «να εξερευνήσουμε παράξενους νέους κόσμους και να πάμε εκεί που κανείς ως τώρα δεν έχει πάει» θα ηχεί στ' αυτιά μας για πάντα ★

# Βιβλιογραφία - ηλεκτρονικές πηγές

- Rocket and Space Technology: [http://www.braeunig.us/space/index\\_top.htm](http://www.braeunig.us/space/index_top.htm)
- The Project Apollo Archive: [http://www.apolloarchive.com/apollo\\_archive.html](http://www.apolloarchive.com/apollo_archive.html)
- Adelman, Saul J., *Benjamin Adelman, Bound for the Stars: Space Travel in our Solar System and Beyond*, Inglewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1981.
- Arnold, H.J.P. (editor), *Man in space: an illustrated history of space flight*, New York: Smithmark, 1993.
- Belbruno, Edward, *Fly me to the moon: an insider's guide to the new science of space travel*, Princeton University Press, c2007.
- Berry, Adrian, *The Giant Leap: Mankind Heads for the Stars*, New York, Tor Books, 2001.
- Brahic, Andre, *Τα παιδιά του ήλιου: η προέλευση, η εξέλιξη και η εξερεύνηση του ηλιακού συστήματος - και της ζωής*, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
- Burrows, William E., *Exploring Space: Voyages in the Solar System and Beyond*, New York, Random House, 1990.
- Chaikin, Andrew, *A man on the moon: the voyages of the Apollo astronauts*, London, New York: Penguin, 1994.
- Coupe, R., *Το ηλιακό σύστημα*, Άγκυρα, 2008.
- Estalella, Roberto, *Πλανήτες και Δορυφόροι, Θεσσαλονίκη: Πλανητάριο Θεσσαλονίκης*, 2005.
- Freeman, Marsha, *Challenges of human space exploration*, London, Chichester: Springer, Praxis, c2000.
- Garlick, M.A., *The story of the solar system*, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- Gilster, Paul, *Centauri dreams: imagining and planning interstellar exploration*, Springer/Copernicus, c2004.
- Greeley, Ronald, *The NASA atlas of the solar system*, Cambridge University Press, 1996.
- Kaku, Michio, *Physics of the Impossible: A Scientific Exploration into the World of Phasers, Force Fields, Teleportation, and Time Travel*, Anchor; Reprint edition, 2009.
- Krauss, Lawrence, *The Physics of Star Trek*, New York: Basic Books, 1995.
- Long, K. F., *Deep space propulsion: a roadmap to interstellar flight*, Springer, c2012.
- Matloff, Gregory, Johnson Les, Bangs, C., *Living Off the Land in Space: Green Roads to the Cosmos*, New York: John Wiley & Sons, 2007.
- Sharpe, Michael, *Space: the ultimate frontier*, Surrey, UK: Taj Books, 2006.
- Tajmar, Martin, *Advanced space propulsion systems*, Springer, c2003.
- Thorne, Kip, *The Science of Interstellar*, W. W. Norton & Company, 2014.
- Turner, Martin J. L., *Expedition Mars*, Springer, c2004.
- Ulivi, Paolo, Harland, D. M., *Lunar exploration: human pioneers and robotic surveyors*, Springer, Praxis, c2004.
- Woodford, Chris, *Αεροπορικές και διαστημικές πτήσεις: από τους αδερφούς Ράιτ έως την τεχνολογία στελήθ και τα διαστημικά ηλεωφορεία*, Σαββάλλας, c2005.
- Zimmerman, Robert, *Leaving earth: space stations, rival superpowers, and the quest for interplanetary travel*, Joseph Henry Press, c2003.
- Zirker, Jack B., *Journey from the center of the sun*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.





ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΕΩΣ: ΕΚΔΟΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

---