



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗ

Καθηγητής Β. Λάμπας

ΤΜΗΜΑ ΑΕΡΟΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Εισαγωγικό Σημείωμα

Το παρόν βιβλίο απαντά στην ανάγκη για ένα εισαγωγικό επιστημονικό εκπαιδευτικό σύγγραμμα για την διδασκαλία προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών στο γνωστικό αντικείμενο της αεροδιαστημικής. Αποτελεί το πρώτο βιβλίο από μία σειρά βιβλίων που περιγράφουν τις επιστημονικές αρχές, τον τρόπο λειτουργίας και τον σχεδιασμό διαστημικών οχημάτων, δορυφόρων, διαστημικών συστημάτων/αποστολών και πυραύλων/εκτοξευτών. Βασιζόμενο στην διεθνή βιβλιογραφία (Understanding Space, Space Mission Design and Analysis), στο βιβλίο του διακεκριμένου Έλληνα ακαδημαϊκού καθ. Σ. Κριμιζή¹ "Όλα σε μια Ζωή" το οποίο αποτελεί έμπνευση ζωής και σε σημειώσεις του συγγραφέα που έχουν διδαχθεί σε πανεπιστήμια του εξωτερικού (University of Surrey, Cranfield University), το υλικό σε αυτό το βιβλίο, αποτελεί μία εισαγωγή στην επιστήμη και τεχνολογία της αεροδιαστημικής ξεκινώντας με μία αναδρομή στην ιστορία του Διαστήματος, την περιγραφή των πιο σημαντικών γεγονότων, διαστημικών αποστολών, οργανισμών και της αγοράς του Διαστήματος. Στην συνέχεια παρουσιάζονται βασικές έννοιες της μηχανικής και της φυσικής που θα επιτρέψουν την κατανόηση βασικών εννοιών της Διαστημικής όπως εκείνες των τροχιών, της ταχύτητας διαφυγής, πρόωθησης με πυραύλους και εκτοξευτές και που θα συμβάλουν στο να κατανοηθεί η σχεδίαση και λειτουργία διαστημικών οχημάτων.

Καθηγητής Βάιος Λάππας, Email: valappas@aerospace.uoa.gr, vlappas@cranfield.ac.uk



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

¹<http://civspace.jhuapl.edu/SMK80/> και <https://www.epbooks.gr/shop/biblia-gia-enilikes/istoria-martyries/martyries/ola-se-mia-zoi-apo-ton-ilio-ton-galaxia/>

Πρόλογος – Καθ. Σταμάτης Κριμιζής



Το διάστημα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας. Από τις διαστημικές εφαρμογές όπως οι τηλεπικοινωνίες, παρατήρηση της Γης, πλοήγηση, μετεωρολογία που βοηθούν την καθημερινότητα μας έως την διαστημική εξερεύνηση που πέρα από την άμεση υποστήριξη στην ποιότητα της ζωής μας, μας ανοίγει νέους ορίζοντες στην γνώση και την επιστήμη, το Διάστημα πλέον αποτελεί κρίσιμη τεχνολογία για όλους. Το βιβλίο του καθ Β. Λάππα αποτελεί το πρώτο Ελληνικό ακαδημαϊκό βιβλίο εκπαιδευτικού αντικειμένου για την πανεπιστημιακή διδασκαλία διαστημικών συστημάτων και την σχεδίαση δορυφόρων/διαστημικών οχημάτων. Η εμπειρία του ως ακαδημαϊκού και ερευνητή που εργάστηκε σε πολλαπλές διαστημικές αποστολές στο εξωτερικό, θα αποτελέσει σημαντικό στοιχείο στην μετάδοση της απαραίτητης γνώσης για την κατανόηση των αρχών σχεδίασης διαστημικών συστημάτων, για τις επόμενες γενεές επιστημόνων και μηχανικών που θα ασχοληθούν με την τεχνολογία του Διαστήματος.

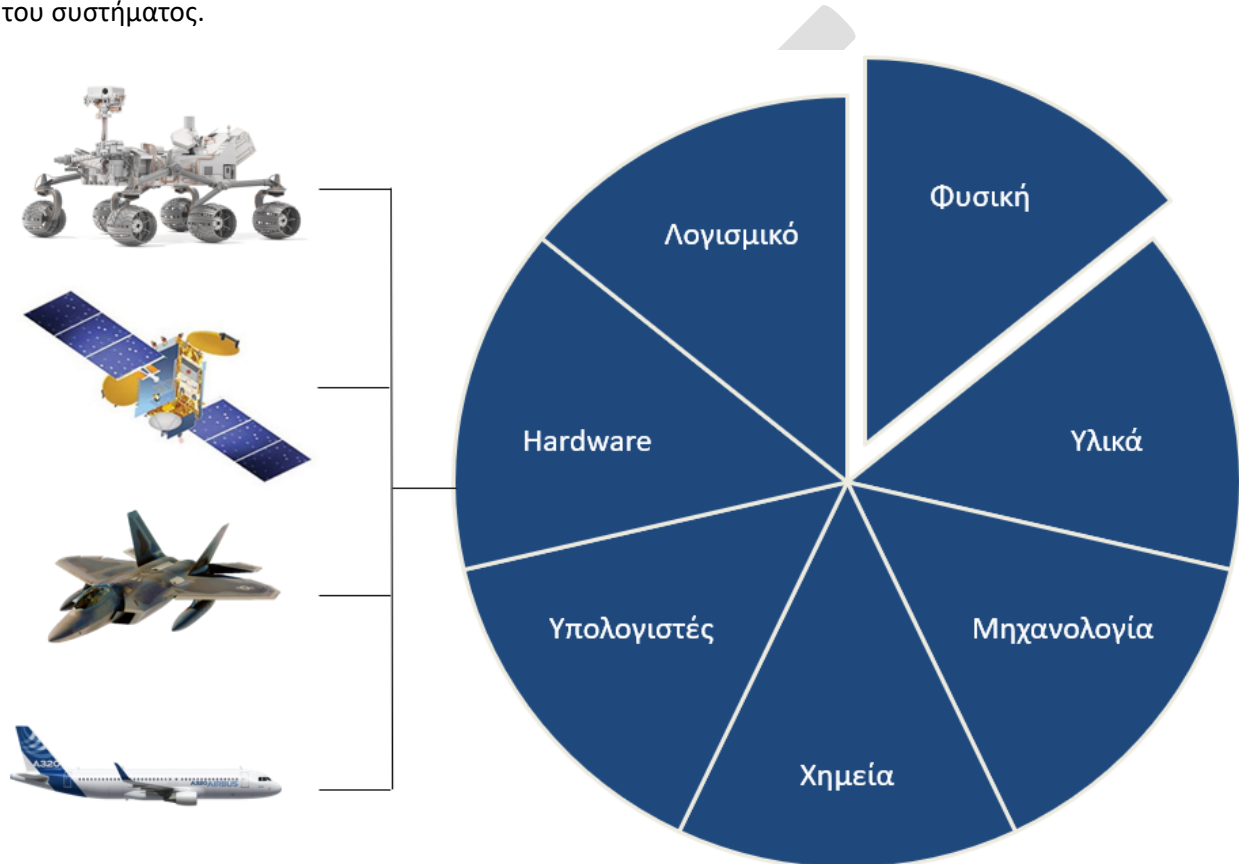
Καθ. Σ. Κριμιζής

Περιεχόμενα

Εισαγωγικό Σημείωμα	2
Πρόλογος – καθ. Σταμάτης Κριμιζής	3
Περιεχόμενα.....	4
1.0 Εισαγωγή – Τι είναι η Αεροδιαστημική.....	5
1.1 Ιστορία του Διαστήματος	6
1.2 Περιγραφή διαστημικών οργανισμών	18
1.3 Πολιτική του Διαστήματος	24
1.4 Εξερεύνηση του Διαστήματος – Η Αρχή	25
1.5 Σημαντικότερες Διαστημικές Αποστολές	28
2.0 Διαστημικές Εφαρμογές	40
2.1 Τηλεπαρατήρηση/Τηλεπισκόπηση	41
2.2 Δορυφορικές Επικοινωνίες	43
2.4 Έρευνα-Διάσωση	47
2.5 Μετεωρολογία	49
3.0 Η Αγορά/Οικονομία του Διαστήματος	52
3.1 Δημόσια/κρατικά προγράμματα διαστημικής.....	52
3.2 Εμπορικές Δραστηριότητες	53
3.3 Ιδιωτικές Επενδύσεις – Εποχή ‘New Space’.....	56
4.0 Βασικές Έννοιες Μηχανικής.....	58
4.1 Ομαλή κυκλική κίνηση.....	58
4.2 Η Έννοια της Ορμής	64
4.3 Αρχή Διατήρησης της Ορμής (ΑΔΟ)	66
4.3.1 Η Αρχή Κίνησης των Πυραύλων.....	66
4.4 Βαρυτικό Πεδίο	71
4.4.1 Το πεδίο που δημιουργείται από σημειακή μάζα	72
4.4.2 Το Βαρυτικό Πεδίο της Γης	75
4.4.3 Ταχύτητα Διαφυγής	76
5.0 Αρχή Λειτουργίας Πυραύλων	80
5.1 Ειδική Ώθηση	84
5.2 Εξίσωση Tsiolkovsky - Θεμελιώδης Νόμος της Πυραυλικής Προώθησης/Κίνησης.....	85
Βιβλιογραφία	91

1.0 Εισαγωγή – Τι είναι η Αεροδιαστημική

Το διάστημα πλέον αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Τηλεπικοινωνίες, τηλεόραση, χρηματοοικονομικές συναλλαγές, πλοήγηση, μετεωρολογία, μεταφορές, ασφάλεια, είναι εφαρμογές που τα συστήματα διαστημικής τεχνολογίας πλέον αναπόσπαστο κομμάτι τους και που συνδέονται απόλυτα με την καθημερινότητα του μέσου πολίτη. Για παράδειγμα, μελέτες του BBC και αμερικανικών φορέων έχουν υπολογίσει τις οικονομικές συνέπειες μιας προσωρινής απώλειας των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης Global Positioning System (GPS) ή Galileo (Ευρωπαϊκό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης) σε 1 δισεκατομμύριο δολάρια ΗΠΑ για κάθε ημέρα μη διαθεσιμότητας του συστήματος.



Σχήμα 1: Η επιστήμη της Αεροδιαστημικής είναι η σύνθεση πολλών επιστημών – Διεπιστημονικότητα

Η ανθρωπότητα σήμερα απολαμβάνει τεράστια οφέλη από έναν μεγάλο αριθμό (εκατοντάδες) από δορυφόρους που βρίσκονται σε χαμηλή γήινη τροχιά (ΧΓΤ) ή σε γεωστατική τροχιά (ΓΕΤ) με εφαρμογές τηλεπαρατήρησης της γης, μετεωρολογίας, τηλεπικοινωνιών (τηλεόραση, τηλεφωνικές ζεύξεις, παροχή διαδικτύου), πλοήγησης, αλλά και διαστημικούς σταθμούς/επανδρωμένες αποστολές αφιερωμένες στους τομείς της βιολογίας, ιατρικής, επιστήμης των υλικών και μη επανδρωμένες αποστολές αστροφυσικής και γενικότερα εξερεύνησης του διαστήματος, των πλανητών και γενικότερα του ηλιακού μας συστήματος. Η έντονη διαστημική δραστηριότητα που έχει αναπτυχθεί εδώ και δεκαετίες έχει δημιουργήσει ένα νέο οικονομικό τομέα, την αγορά του διαστήματος (ΑτΔ) που έχει πλέον μέγεθος άνω των 350 δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως με ένα υψηλό δείκτη ανάπτυξης που ξεπερνά το 10% ετησίως και που απασχολεί ανθρώπινο δυναμικό με εξαιρετικά υψηλό ακαδημαϊκό και μορφωτικό επίπεδο με διεπιστημονικό και διαπολιτισμικό υπόβαθρο. Η επένδυση στην τεχνολογία, εφαρμογές του

Διαστήματος αποτελεί πλέον οικονομικό και πολιτικό εργαλείο οικονομικής ανάπτυξης για πολλά κράτη ανεξαρτήτου μεγέθους, διεθνής οργανισμούς και της βιομηχανίας, καθώς μελέτες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ΕΟΔ/ESA) και του Αμερικανικού Οργανισμού Αεροδιαστημικής και Αεροναυτικής (NASA) έχουν υπολογίσει ότι κάθε ευρώ ή δολάριο που επενδύετε στον τομέα του διαστήματος, επιστρέφει πάνω από 7 ευρώ πίσω στην γενικότερη οικονομία, μία ιδιαίτερα υψηλή απόδοση/επιστροφή επένδυσης (ROI-return on investment).

Η τεχνολογία και η γνώση για να φτάσουμε στο σημείο να μπορούμε να στέλνουμε ανθρώπους και μη επανδρωμένα διαστημικά οχήματα, δορυφόρους στο διάστημα είναι κάτι που αποκτήθηκε με πολύ μεγάλο κόπο, μέσω ανταγωνισμού, πολέμων, πολιτικών ανταγωνισμών και γεωπολιτικών συσχετισμών αλλά και υγιούς ανταγωνισμού και τα ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια μέσω της ιδιωτικής πρωτοβουλίας και της αλματώδους προόδου στους τομείς της μικροηλεκτρονικής, τεχνολογίας υλικών και μεθόδων παραγωγής αλλά και την εισαγωγή της νοοτροπίας νεοφυών επιχειρήσεων και της ανάπτυξης νέων διαστημικών εφαρμογών βασιζόμενα στις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης (TN), διαδίκτυο των πραγμάτων (ΔτΠ/IoT) και μεγάλα δεδομένα και αναλυτική (ΜΔΑ),

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μία περιγραφή των κυριότερων ιστορικών γεγονότων, οργανισμών, πολιτικών και διαστημικών αποστολών που επηρέασαν και επηρεάζουν τον τομέα της διαστημικής αλλά και της ανθρωπότητας γενικότερα.

1.1 Ιστορία του Διαστήματος

Τα πρώτα βήματα προς την επιστημονική θεώρηση του Σύμπαντος, έγιναν στην Αρχαία Βαβυλωνία και την Αίγυπτο, το 5.000 περίπου, π.Χ. Οι συστηματικές παρατηρήσεις άρχισαν από το 3.000 και κατά την δεύτερη χιλιετία, οι πλανήτες είχαν ήδη ενταχθεί στο ζωδιακό σύστημα ενώ γύρω στο 1.000, υπάρχουν, πια σημειώσεις και αναφορές γύρω από τις κινήσεις τους.

Στις αρχές του 6ου π.χ. αιώνα, ο Θαλής ο Μιλήσιος, στον οποίο αποδίδεται η θεμελίωση της Επιστήμης, των Μαθηματικών και της Φιλοσοφίας, ταξίδεψε στην Αίγυπτο και διδάχθηκε απ' αυτούς, ιδρύοντας ύστερα την ονομαστή Ιωνική σχολή της Ελληνικής Αστρονομίας. Ο Θαλής προέβλεψε την ηλιακή έκλειψη της 28ης Μαΐου 585 π.χ. και μέτρησε την φαινόμενη διάμετρο του Ήλιου. Αργότερα, οι οπαδοί του προχώρησαν παραπέρα. Ο Αναξίμανης διατύπωσε την υπόθεση ότι υπάρχουν πολλά, σαν την Γη, ουράνια σώματα καθώς και ότι ο άνθρωπος προέρχεται από άλλα ζώα, ο Ηράκλειτος είδε τον ουρανό γεμάτο από ουράνια φωτιά ενώ ο Αναξίμανδρος ήξερε ότι η Γη, δεν είναι επίπεδη.

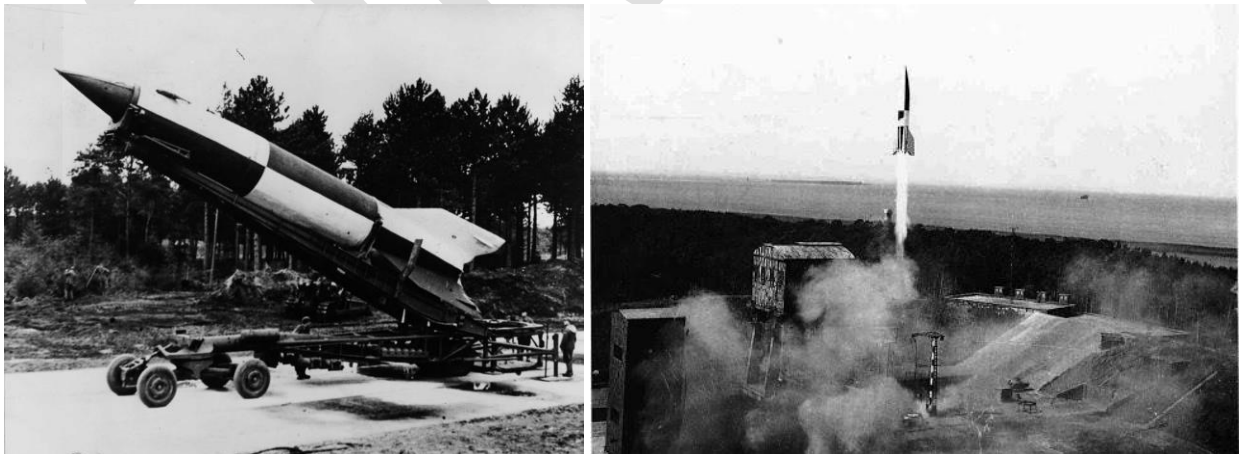
Μία άλλη σχολή, στη Σάμο έκανε παράλληλα τις δικές της εκτιμήσεις. Ο ιδρυτής της, ο Πυθαγόρας, από τον 6ο έως τον 4ο αιώνα, υποστήριξε με θέρμη την σφαιρικότητα της Γης, ο Ηρακλείδης εξήγησε την ημερήσια περιφορά των άστρων, υποθέτοντας ότι η Γη στρέφεται γύρω από τον άξονα της, ενώ ο Αρίσταρχος, έκανε πρώτος λόγο για ηλιοκεντρικό σύστημα.

Ο Ερατοσθένης, (276 - 192 π.χ.) υπολόγισε με ακρίβεια την περιφέρεια της Γης και ο Ίππαρχος, ο μεγαλύτερος Έλληνας αστρονόμος, μέτρησε το μέγεθος του Ήλιου και της Σελήνης. Μεταξύ 141 και 127 π.χ., ο Πτολεμαίος δεχόμενος την λανθασμένη άποψη του Ίππαρχου, που τοποθετούσε τη Γη στο κέντρο του Σύμπαντος. Οι αναμφίβολα, σπουδαίες αυτές γνώσεις χρησίμευσαν στον άνθρωπο, ώστε να αρχίσει να αντιλαμβάνεται τον κόσμο γύρω του. Το επόμενο βήμα ήταν, λοιπόν, να προσπαθήσει, πειραματικά στην αρχή, να ταξιδέψει προς αυτούς τους νέους ορίζοντες.

Πολλοί επιστήμονες ασχολήθηκαν με τομείς του Διαστήματος κατά τον μεσαίωνα, την αναγέννηση αλλά οι μεγαλύτερες ανακαλύψεις στον τομέα έγιναν την σύγχρονη εποχή, μετά το 1900. Το 1903, Ρώσος επιστήμονας, Κωνσταντίν Τσιολκόφσκυ διατυπώνει και δημοσιεύει για πρώτη φορά, τους θεμελιώδεις μαθηματικούς νόμους της κίνησης των πυραύλων και τα κύρια συμπεράσματα τους και είναι από τους πρώτους που θα προβλέψει την εξάπλωση της ζωής στο ηλιακό μας σύστημα. Αφιέρωσε πολύ χρόνο

μελετώντας θεωρητικά τους πυραυλοκινητήρες και υπολογίζοντας την ενεργειακή αξία διαφόρων συνδυασμών καυσίμων. Το 1920, στην Αερική ένας επιστήμονας, ο Robert Goddard δημιούργησε τον πρώτο πύραυλο υγρών καυσίμων χρησιμοποιώντας κηροζίνη και υγρό οξυγόνο. Την ίδια περίπου περίοδο ο Ουγγρο-γερμανός Hermann Oberth και αυτός πανεπιστημιακός, άρχισε να δημοσιεύει εργασίες πάνω στο αντικείμενο της αστροναυτικής και να δίνει με επιστημονικό τρόπο τους τρόπους που θα μπορούσε να εξερευνηθεί το διάστημα με διαστημικές πτήσεις. Θεωρείται ένας από τους πατέρες την διαστημικής με τον Τσιολκόφσκι και τον Γκόντφρατ και ακολούθησε την γερμανική ομάδα του Πενεμούντε στην Αμερική, συνεισφέροντας στο Διαστημικό πρόγραμμα της Αμερικής.

Ο 2^{ος} Παγκόσμιος Πόλεμος (ΠΠ) αποτέλεσε τον καταλύτη για την ανάπτυξη των περισσότερων τεχνολογιών και εφαρμογών αεροδιαστημικής σήμερα, όπως τα ραντάρ, την προώθηση αεροσκαφών με κινητήρες 'jet', την ανάπτυξη πολύπλοκων συστημάτων όπως στροβιλοκινητήρων, μπαταριών και πυραύλων ως μερικά παραδείγματα. Έτσι η τεχνολογία των πυραύλων ήταν λογικό να προσελκύσει το ενδιαφέρον στρατιωτικών από όλους τους συμμετέχοντες στον 2^ο ΠΠ, ως ένα οπλικό σύστημα που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως προέκταση του πυροβολικού, στέλνοντας φορτία με εκρηκτικά σε μακρύτερες αποστάσεις από ότι ήταν εφικτό εκείνη την εποχή, αυτόνομα με μεγαλύτερη ταχύτητα και μικρή δυνατότητα αναχαίτησης από τον αντίπαλο. Γερμανοί επιστήμονες εργάζονταν πυρετωδώς πάνω στην ανάπτυξη βαλλιστικών πυραύλων αν και οι περισσότεροι είχαν στο μυαλό τους τα διαστημικά ταξίδια. Κοντά στις ακτές της Βαλτικής, στο Πενεμούντε, χιλιάδες Γερμανοί μηχανικοί και επιστήμονες, υπό την καθοδήγηση ενός ιδιαίτερα χαρισματικού μηχανικού, του Wehner Von Braun, εργάζονταν για την παραγωγή ενός γιγάντιου κατευθυνόμενου βλήματος, του A-4, γνωστότερου ως V-2. Ο V-2 ήταν ένα βλήμα βάρους 12,5 τόνων, που θα έφτανε σε ύψος 80 χιλιομέτρων και ο κινητήρας του απαιτούσε ισχύ, μεγαλύτερη των 500.000 ίππων. Ο V-2 ήταν ένα τεχνολογικό θαύμα για την εποχή του (αλλά και μετά), έχοντας επιλύσει ιδιαίτερα δύσκολα και πολύπλοκα τεχνολογικά προβλήματα στην τεχνολογία και παραγωγή πυραύλων. Έχοντας δοκιμαστεί επιτυχώς το 1942 αλλά με πολλά προβλήματα (ευτυχώς για τους συμμάχους) αξιολογίας, έναντι στόχων στην Αγγλία και ιδιαίτερα στο Λονδίνο, οι πύραυλοι V-2 με τον κατάλληλο χρόνο και ρυθμό βελτιστοποίησης και παραγωγής θα μπορούσε να είχαν αλλάξει τον ρου του 2^{ου} ΠΠ αν και ευτυχώς για τους συμμάχους και την ανθρωπότητα οι εκτεταμένοι βομβαρδισμοί δεν επέτρεψαν την περαιτέρω ανάπτυξη και παραγωγή της τεχνολογίας πυραύλων (αλλά και άλλων ιδιαίτερα δολοφονικών όπλων και τεχνολογιών που ανέπτυξαν οι Ναζί εκείνη την εποχή όπως π.χ. η πυρηνική βόμβα).



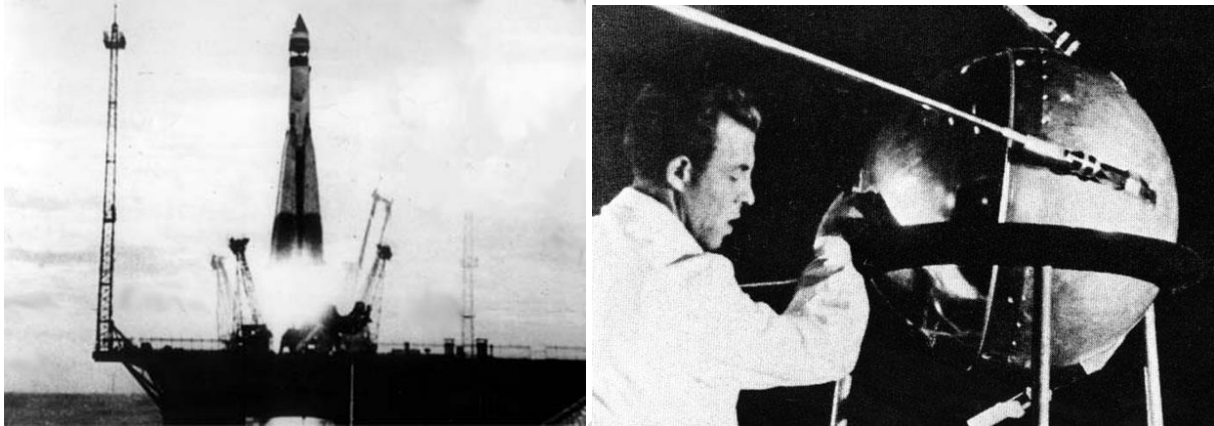
Σχήμα 2: Ο Βαλλιστικός πύραυλος V-2 στο Πενεμούντε

Εκείνο που οφείλουμε να παραδεχθούμε είναι ότι, ακόμη και κάτω από αυτές τις συνθήκες πολέμου, είναι επιβεβαιωμένο από πολλές πηγές ότι ο άνθρωπος εργάστηκε για να πραγματοποιήσει ένα

πανάρχαιο όνειρο του και στο Πεενεμούντε -το όνειρο της διαστημικής πτήσης- όπου και έγινε το μεγάλο άλμα στην τεχνολογία των πυραύλων/διαστημικών εκτοξευτών. Ο Βέρνερ φον Μπράουν, εξάλλου, δεν ενδιαφερόταν για την επικράτηση του τρίτου Ράιχ αλλά, για την κατάκτηση του διαστήματος. Σε μία μυθιστορηματική επιχείρηση των Αμερικανικών δυνάμεων στην Γερμανία το Μάρτιο του 1944 με τον τίτλο 'paperclip' (συνδετήρας), ο Βέρνερ φον Μπράουν με πάνω από 200 Γερμανούς επιστήμονες αεροδιαστημικής, συνελήφθη αιφνιδίως και κρατήθηκε στην φυλακή για δύο εβδομάδες, επειδή είχε δηλώσει - αναφέρω ακριβώς τα λόγια του: 'ο V-2 δεν προοριζόταν για πολεμικό όπλο, όταν τον ανέπτυσσα. Είχα στο μυαλό μου, το διαστημικό ταξίδι και λυπόμουν για την επιχειρησιακή του χρήση.' Αυτό επιβεβαιώνεται άλλωστε, και από το ότι οι Γερμανοί είχαν αναπτύξει θεαματικά την ικανότητα των υγρά, προωθούμενων πυραύλων, με σκοπό να κατασκευάσουν οχήματα για ταξίδια, στο διάστημα. Όταν δε, τελείωσε ο πόλεμος, η ομάδα Ντόρμπεργκερ - Μπράουν, στο Πεενεμούντε είχε έτοιμα σχέδια για δορυφόρο βαλλιστικό πύραυλο, με ακτίνα δράσης 3.500 μίλια αλλά και για - πρώτη φορά - τριώροφο πύραυλο για διαστημική πτήση. Όλες αυτές οι γνώσεις μεταβιβάστηκαν στις Η.Π.Α. όπου ο ομάδα φον Μπράουν έχοντας μεταφερθεί στην μακρινή Αλαμπάμα στις ΗΠΑ (σε απομόνωση για να λόγους ασφάλειας αλλά και άλλων λόγων) δημιούργησε το Αμερικανικό βαλλιστικό πρόγραμμα και διαστημικό πρόγραμμα, που έστειλε μετά από 2 δεκαετίες τον άνθρωπο στην Σελήνη με το πρόγραμμα 'Αpollo' Απόλλων. Οι Γερμανοί επιστήμονες στην Αμερική αλλά και αυτοί που κατόρθωσαν να συλλάβουν οι Σοβιετικοί στο τέλος του 2^{ου} ΠΠ αποτέλεσαν τους πατέρες, στην κυριολεξία, των διαστημικών προγραμμάτων των ΗΠΑ και της Σοβιετικής Ένωσης. Είναι άλλωστε γνωστό ότι χιλιάδες Γερμανοί επιστήμονες που ασχολούντο με τα προγράμματα ανάπτυξης πρωτοποριακών όπλων και τεχνολογιών 'μεταφέρθηκαν' με την θέληση τους (αλλά και χωρίς αυτή) σε πολλές χώρες νικήτριες του 2^{ου} ΠΠ και εργάστηκαν σε διάφορα προγράμματα αεροδιαστημικής, ενέργειας, μεταφορών και μηχανικής.

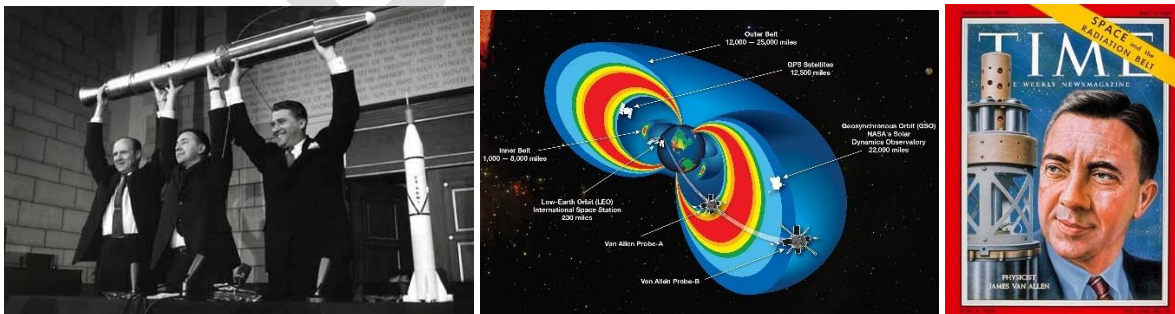
Ύστερα από μία δεκαετία ανάπτυξης πυραύλων (βαλλιστικών πυραύλων) αλλά και διαστημικών εκτοξευτών βασιζόμενα στην τεχνολογία της ομάδας φον Μπράουν και στα δύο άκρα του κόσμου, στις ΗΠΑ και της Σοβιετικής Ένωσης, η ανθρωπότητα βρισκόταν στην δύνη του Ψυχρού Πολέμου όπου ο τεχνολογικός, στρατιωτικός και γεωπολιτικός ανταγωνισμός ανάμεσα στην Δύση και την Σοβιετική Ένωση (Ανατολή) αποτελούσε τον τρόπο της ανθρωπότητας με την κάθε πλευρά να προσπαθεί να προβάλει τα μεγαλύτερα στρατιωτικά και τεχνολογικά επιτεύγματα και να αναπτύσσει φονικά όπλα όπως η ατομική βόμβα, βόμβα υδρογόνου, υπερηχητικά βομβαρδιστικά με πυρηνικά φορτία, βαλλιστικούς πυραύλους και προηγμένα πολιτικά συστήματα κάθε είδους. Η εμφάνιση της ατομικής βόμβας είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός κλίματος απειλής, οπότε και ο συνακόλουθος ανταγωνισμός στο πεδίο της επιστήμης ήταν αναπόφευκτος. Με την ανακατάληψη των χώρων εκτόξευσης των πυραύλων V-2 και του εργοστασίου κατασκευής τους, οι Σοβιετικοί αποφάσισαν να στηριχθούν στην τεχνολογία αυτή, με στόχο τη δημιουργία ενός πανίσχυρου διηπειρωτικού πυραύλου. Ο πύραυλος αυτός θα είχε την ικανότητα να ξεπεράσει τη γήινη βαρύτητα, να μπει σε τροχιά γύρω από τη Γη, και στη συνέχεια, εκμεταλλεόμενος την περιστροφή της, να πέσει σε προεπιλεγμένο σημείο του εδάφους. Παράλληλα, Αμερικανοί επιστήμονες καταπιάνονταν επίσης με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των εν λόγω πυραύλων. Στόχος και των δύο ήταν η υπεροχή σε εξοπλισμό διηπειρωτικών βαλλιστικών βλημάτων, ως φορείς πυρηνικών όπλων μεγάλης ακτίνας. Πριν από 60 ακριβώς χρόνια, σε μια απομακρυσμένη περιοχή του Καζακστάν και με την άκρατη μυστικότητα που επικρατούσε στη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου, η τότε Σοβιετική Ένωση προετοίμαζε ένα τεχνολογικό κατόρθωμα που θα άφηνε άναυδο ολόκληρο τον κόσμο, ενώ συγχρόνως θα μετέφερε και στο Διάστημα τον ανταγωνισμό των δύο υπερδυνάμεων, των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής και της τότε Σοβιετικής Ένωσης. Στις 4 Οκτωβρίου του 1957, από τις πυραυλικές εγκαταστάσεις του Διαστημικού Κέντρου του Μπαϊκονούρ, η Σοβιετική Ένωση έθεσε σε τροχιά τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο, τον «Σπούτνικ 1». Επρόκειτο για μια μεταλλική σφαίρα με μέγεθος 58 εκατοστών και βάρος περίπου 83 κιλών, η οποία περιφέρονταν γύρω από τη Γη μία φορά κάθε 96 λεπτά. Έτσι, για πρώτη φορά ο άνθρωπος κατόρθωσε να θέσει ένα δικό του δημιούργημα στο κενό του Διαστήματος, τα ρυθμικά

ραδιοσήματα του οποίου χαιρέτιζαν μια νέα εποχή στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού: την εποχή του Διαστήματος. Ένα μήνα αργότερα, οι Ρώσοι επανέλαβαν το θριαμβευτικό τους κατόρθωμα, τοποθετώντας σε τροχιά μια σκυλίτσα, με το όνομα Λάικα, ως επιβάτη ενός διαστημοπλοίου 500 περίπου κιλών, του «Σπούτνικ 2».



Σχήμα 3: Η Εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου Sputnik-1 με τον φορέα R-7, πρόδρομο του σημερινού Soyuz

Η Αμερική δεν άργησε να ακολουθήσει. Τέσσερις μήνες μετά τον «Σπούτνικ 1» εκτοξεύτηκε ο πολύ μικρότερος και ελαφρύτερος πρώτος αμερικανικός δορυφόρος «Explorer-1/Εξερευνητής 1» (31 Ιανουαρίου 1958). Κι έτσι την 1η Οκτωβρίου 1958, ένα χρόνο μετά την εκτόξευση του «Σπούτνικ 1», και με τη δημιουργία της Αμερικανικής Διαστημικής Υπηρεσίας (NASA), ένας αγώνας δρόμου άρχισε τότε ανάμεσα στην τότε Σοβιετική Ένωση και τις Ηνωμένες Πολιτείες για την κατάκτηση του Διαστήματος. Την ίδια περίοδο οι Αμερικανοί προσπαθούσαν να φτάσουν τους πρωτοπόρους Σοβιετικούς. Μία τεράστια προσπάθεια από επιστήμονες, μηχανικούς, στρατιωτικούς στην Αμερική οδήγησε να τεθούν οι βάσεις για μετέπειτα επιτυχίες στην διαστημική, άμυνα και τις διαστημικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, ο James Van Allen του State University ανακάλυψε το 1958 με την εκτόξευση του Αμερικανικού δορυφόρου 'Explorer-1 και 3' τις ζώνες Van Allen, οι οποίες είναι περιοχές με συγκέντρωση σωματιδίων υψηλής ενέργειας, κυρίως πρωτονίων και ηλεκτρονίων, γύρω από την Γη, κάνοντάς τον έναν από τους σημαντικότερους επιστήμονες του Διαστήματος. Οι ζώνες Van Allen, είναι σημαντικές και κρίσιμες για την σχεδίαση δορυφόρων και διαστημικών οχημάτων καθώς επηρεάζονται τα ηλεκτρονικά τους(αντοχή, απόδοση και χρόνος λειτουργίας) από τα σωματίδια υψηλής ενέργειας τα οποία μπορούν να διαπεράσουν μια πλάκα από αστάλι πάχους 3 εκατοστών (θωράκιση) ή να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στα κύτταρα διαπερνώντας το ανθρώπινο σώμα..



Σχήμα 4: Ο πρώτος Αμερικανικός δορυφόρος Explorer-1 με τους Von Braun, Van Allen, οι ζώνες Van Allen γύρω από την Γη

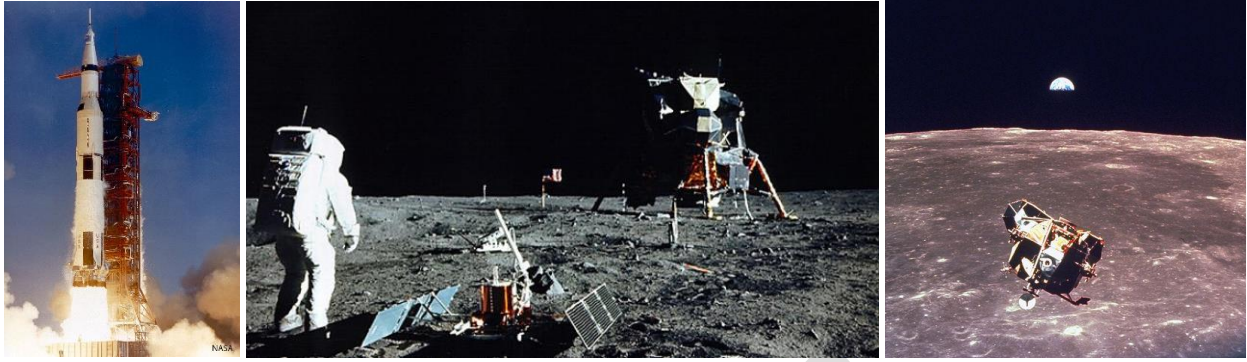
Δεκάδες πύραυλοι και τεχνητοί δορυφόροι εκτοξεύτηκαν και από τις δύο πλευρές, στην προσπάθειά τους να μάθουν όσο το δυνατόν περισσότερα για τον διαστημικό χώρο, που οδήγησαν τελικά στην πρώτη επανδρωμένη αποστολή στο Διάστημα του Ρώσου κοσμοναύτη Γιούρι Γκαγκάριν (12 Απριλίου 1961).



Σχήμα 5: Ο Φορέας R-7 μεταφέρει την κάψουλα VOSTOK με τον πρώτο αστροναύτη σε τροχιά, Yuri Gagarin

Η πρώτη επανδρωμένη φάση του αμερικανικού προγράμματος για τη Σελήνη εκτελέστηκε με την ονομασία Πρόγραμμα Mercury (Ερμής) και άρχισε στις 5 Μαΐου 1961, ένα μήνα μετά την πτήση του Γκαγκάριν. Στην Ουάσιγκτον, στη διάρκεια της γιορτής που έγινε για να τιμηθεί ο Άλαν Σέπαρντ, ο πρώτος Αμερικανός στο Διάστημα, ο πρόεδρος Τζον Κένεντι έθεσε στόχο την επανδρωμένη επίσκεψη στη Σελήνη πριν από το τέλος της δεκαετίας του 1960. Ηθικός αυτουργός και κινητήρια δύναμη του προγράμματος ήταν ο Πρόεδρος Kennedy, αφού με αυτό τον τρόπο επεδίωκε την ανάκτηση του χαμένου κύρους των Η.Π.Α. μετά την αποτυχημένη εισβολή στον Κόλπο των Χοίρων. Τα κίνητρα του προγράμματος ήταν κυρίως πολιτικά, παρά επιστημονικά, αφού υπήρχαν εντάσεις και ανησυχίες σχετικά με την κατάλληλη προετοιμασία των Η.Π.Α. για ένα τόσο σημαντικό διαστημικό πρόγραμμα. Έναν στόχο που οριοθετούσε ξεκάθαρα πλέον τον διαστημικό ανταγωνισμό Αμερικής - Σοβιετικής Ένωσης. Ο στόχος αυτός προϋπέθετε μια σειρά από εκατοντάδες επιτεύγματα σε διάφορους επιστημονικούς και τεχνολογικούς τομείς. Επιτεύγματα που απαιτήσαν δεκάδες πτήσεις, επανδρωμένων και μη, διαστημικών οχημάτων.

Τελικά, τον Ιούλιο του 1969, πάνω από μισό δισεκατομμύριο άνθρωποι σ' ολόκληρο τον κόσμο γίναμε μάρτυρες ενός κατορθώματος που έως τότε το θεωρούσαμε μάλλον αδύνατο, όταν πάνω στη σκονισμένη επιφάνεια της Σελήνης αποτυπώθηκε για πρώτη φορά ένα ανθρώπινο χνάρι που έγινε το σύμβολο «ενός τεράστιου άλματος για την ανθρωπότητα». Τα επόμενα τρία χρόνια, από το 1969 έως τον Δεκέμβριο του 1972, ολόκληρη η ανθρωπότητα παρακολούθησε από τις οθόνες των τηλεοράσεων μια από τις μεγαλύτερες εξερευνήσεις της ανθρώπινης ιστορίας. Με τη βοήθεια εκατοντάδων χιλιάδων επιστημόνων, μηχανικών και τεχνικών, συνολικά 27 αστροναύτες περιφέρθηκαν γύρω από τον φυσικό δορυφόρο της Γης, ενώ 12 απ' αυτούς περπάτησαν και εξερεύνησαν έξι διαφορετικές περιοχές της επιφάνειας της Σελήνης.



Σχήμα 6: Εκτόξευση της αποστολής Apollo 11 που μετέφερε τον πρώτο άνθρωπο στο Φεγγάρι

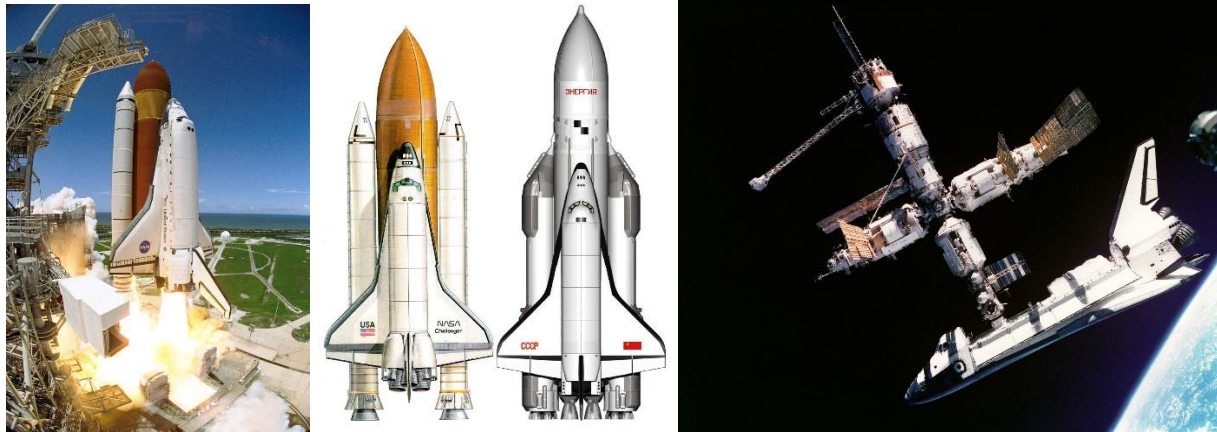
Η αλματώδης αυτή εξέλιξη της αεροδιαστημικής, εντός μιας μόνο δεκαετίας, είναι ενδεικτική της ακμής της επιστήμης και της έρευνας κατά την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου. Η Ε.Σ.Σ.Δ. ενέτεινε τις προετοιμασίες της για ένα αντίστοιχο πρόγραμμα. Άλλωστε, η νίκη των Αμερικανών σε αυτό τον “πόλεμο των άστρων”, μέσω της κατάκτησης της Σελήνης, δημιούργησε μεγάλη ταπεινώση στο Σοβιετικό καθεστώς. Δημιουργήθηκε, λοιπόν, ο πύραυλος N1, με στόχο να αναπληρώσει το χαμένο έδαφος, και να φέρει εις πέρας το ταξίδι στο δορυφόρο της Γης. Παρ’ όλα αυτά, και οι τέσσερις προσπάθειες εκτόξευσης που πραγματοποιήθηκαν, απέτυχαν. Αποτέλεσμα ήταν η ακύρωση του προγράμματος το 1976, ενώ με την ήττα αυτή προξενήθηκε ένα από τα μεγαλύτερα πλήγματα για τη Σοβιετική Ένωση. Το τέλος του διαστημικού ανταγωνισμού σηματοδοτήθηκε από την κοινή Αμερικανοσοβιετική αποστολή Apollo-Soyuz, τον Ιούλιο του 1975. Πλέον, δημιουργήθηκε ένα πνεύμα συνεργασίας, με αμοιβαία παροχή πληροφοριών και υποστήριξης, και το ενδιαφέρον μετατοπίστηκε προς τη μελέτη άλλων ουράνιων σωμάτων του διαστήματος, και όχι προς την κατάκτησή του. Με βάση το Διεθνές Δίκαιο, άλλωστε, το διάστημα δεν μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο εθνικής ιδιοποίησης, και τα δύο κράτη δεσμεύτηκαν να μην εγκαταστήσουν ποτέ πυρηνικά όπλα στην εν λόγω περιοχή. Το διάστημα έπαψε να θεωρείται εθνική υπόθεση, αλλά αποτελούσε πλέον επιχείρηση ολόκληρης της ανθρωπότητας. Η υλοποίηση τέτοιων εγχειρημάτων έφερε επανάσταση σε πληθώρα τεχνολογικών και επιστημονικών τομέων, όπως η πυραυλική, οι τηλεπικοινωνίες, η πληροφορική και τα ηλεκτρονικά συστήματα.

Για πολλούς ο ανηλεής ανταγωνισμός μεταξύ των δύο υπερδυνάμεων στην κούρσα για την κατάκτηση του διαστήματος σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη κούρσα των στρατιωτικών εξοπλισμών, είχαν ως αποτέλεσμα την οικονομική και πολιτική εξουθένωση του Σοβιετικού καθεστώτος και στο τέλος της δεκαετίας του 1980 την διάλυση της Ε.Σ.Σ.Δ., όπου και σήμανε και το τέλος του Ψυχρού Πολέμου. Το τέλος της ΕΣΣΔ και την διαστημική κούρσα οδήγησε στην δεκαετία του ’90 στην στενή συνεργασία των ΗΠΑ, Ρωσίας με τις πτήσεις του Διαστημικού Λεωφορείου (Space Shuttle) όπου πραγματοποίησε δεκάδες αποστολές σύνδεσης με τον Διαστημικό Σταθμό MIR, ο οποίος ανήκοντας στην Ρωσία πλέον, (Πρώην ΕΣΣΔ) παρέμεινε στο Διάστημα ως εργαστήριο ανάπτυξης νέων τεχνολογιών, διεθνούς συνεργασίας (με την NASA και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος – ESA) δοκιμών μακροχρόνιας διαμονής/εργασίας στο Διάστημα.

Το υψηλό κόστος των διαστημικών αποστολών οδήγησε στις διεθνείς συνεργασίες, ιδιαίτερα στις διαστημικές αποστολές εξερεύνησης αλλά και στην ανάπτυξη νέων πιο οικονομικών διαστημικών αποστολών, κυρίως ρομποτικής μορφής. Το υψηλό κόστος εκτόξευσης (> 50-100 χιλιάδων ευρώ ανά κιλό) και η πολυπλοκότητα των διαστημικών συστημάτων έκανε τους διαστημικούς σχεδιαστές να αναπτύξουν δορυφορικές πλατφόρμες και ρομποτικές συσκευές με μικρότερη μάζα, τους μικροδορυφόρους αλλά και να αναπτύξουν συστήματα που μπορούσαν να λειτουργούν περισσότερο

αυτόνομα, με ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου παράγοντα, ώστε να ελαττωθεί το κόστος των διαστημικών αποστολών.

Μετά από την ιστορική εποχή του προγράμματος εξερεύνησης της Σελήνης (Apollo), η Αμερικανική κυβέρνηση Νίξον, εν μέσω μεγάλων ενεργειακών, πολιτικών και οικονομικών κρίσεων, αλλά και για να διαφοροποιηθεί από τις προηγούμενες επιτυχίες της NASA/ΗΠΑ, αποφάσισε την ανάπτυξη ενός επαναχρησιμοποιούμενου Διαστημικού Λεωφορείου (Space Shuttle) με το οποίο θα μπορούσε να υπάρξει τακτική, εβδομαδιαία πρόσβαση στο Διάστημα, η οποία δημιούργησε ένα πλήθος διαστημικών αποστολών τις δεκαετίες του 1980-2010. Συνολικά, κατασκευάστηκαν επτά διαστημικά λεωφορεία, απ'τα οποία τρία αποσύρθηκαν *Ντισκάβερι, Ατλαντίς, Εντέβορ*), δυο καταστράφηκαν σε ατυχήματα, το *Challenger* και το *Columbia*, το 1986 και 2003 αντίστοιχα, ενώ ένα χρησιμοποιήθηκε για δοκιμαστικές πτήσεις στη γήινη ατμόσφαιρα κι όχι για διαστημικές αποστολές, το *Space Shuttle Enterprise* (το πρώτο διαστημικό λεωφορείο της NASA), και τέλος το *Space Shuttle Pathfinder*, το οποίο αποτελεί εξομοιωτή διαστημικού λεωφορείου. Το διαστημικό λεωφορείο εκτοξευόταν κάθετα, φέρνοντας συνήθως πέντε έως επτά αστροναύτες (αν και έχουν μεταφερθεί και οκτώ) και μέχρι περίπου 22.700 κιλά (50.000 λίβρες) ωφέλιμου φορτίου σε χαμηλή γήινη τροχιά. Όταν η αποστολή του τελείωνε, επέστρεφε μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα, πετούσε σαν ανεμοπλάνο και προσγειωνόταν οριζοντίως σε προκαθορισμένους διαδρόμους προσγείωσης. Το διαστημικό λεωφορείο ήταν το πρώτο τροχιακό διαστημικό σκάφος που σχεδιάστηκε με μερική ικανότητα επαναχρησιμοποίησης. Ήταν επίσης το πρώτο επανδρωμένο διαστημικό σκάφος με φτερά που έχει επιτύχει να εκτοξευθεί σε τροχιά και να προσγειωθεί. Μετέφερε μεγάλα ωφέλιμα φορτία σε διάφορες τροχιές, χρησίμευσε σαν πορθμείο για την μεταφορά πληρωμάτων προς και από το Διεθνές Διαστημικό Σταθμό (ISS), και εκτέλεσε αποστολές συντήρησης και επισκευών.



Σχήμα 7: (Αριστερά) Εκτόξευση του Διαστημικού Λεωφορείου Discovery (Μέση) Σύγκριση του Αμερικανικού και Σοβιετικού Λεωφορείου (Δεξιά) Πρόσδεση του STS Atlantis με τον Ρωσικό Διαστημικό Σταθμό MIR το 1995

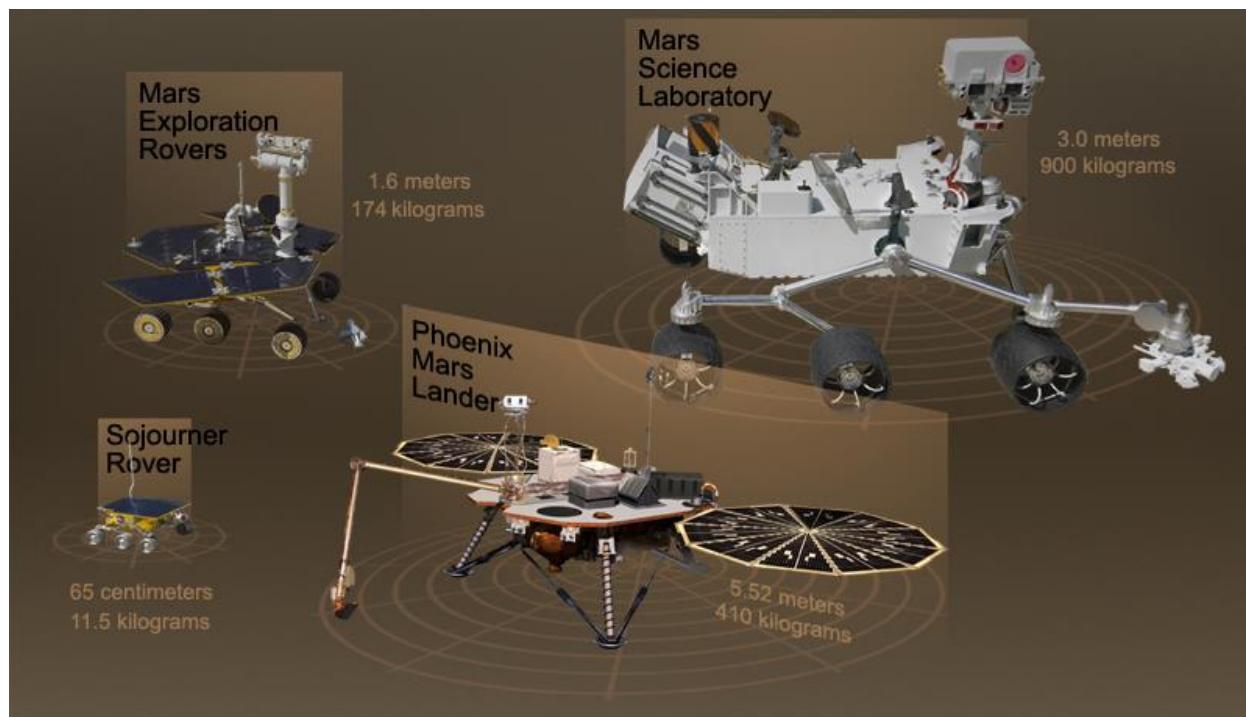
Το όχημα μπορούσε επίσης να ανακτήσει δορυφόρους και άλλα ωφέλιμα φορτία από την τροχιά τους και να τα επιστρέψει στη γη, αλλά αυτή η ικανότητα δεν χρησιμοποιήθηκε συχνά. Εντούτοις, αυτή η ικανότητα χρησιμοποιήθηκε για να επιστρέψει μεγάλα φορτία στη γη από το διεθνές διαστημικό σταθμό, δεδομένου ότι το ρωσικό σκάφος Σογιούζ έχει περιορισμένη ικανότητα επιστροφής φορτίων. Κάθε διαστημικό λεωφορείο σχεδιάστηκε με προβλεπόμενη διάρκεια ζωής 100 εκτοξεύσεων ή 10 ετών λειτουργικής ζωής. Εν τέλει η μέση διάρκεια ζωής αποδείχτηκε πως ήταν 19 πτήσεις για τα Challenger και Columbia, 32 πτήσεις για τα αποσυρθέντα οχήματα Endeavour, Atlantis, και Discovery, και 5 πτήσεις για το δοκιμαστικό όχημα Enterprise.

Η NASA ανακοίνωσε το 2004 ότι το διαστημικό λεωφορείο θα αποσυρθεί το 2010 και θα αντικατασταθεί από το όχημα Orion και τον πυραυλικό φορέα SLS, αν και μετέπειτα ανακοινώθηκε ένα επιπλέον πρόγραμμα για την κατασκευή και εκτόξευση επανδρωμένων οχημάτων με νικήτριες τις Boeing και SpaceX. Τελικά, η τελευταία αποστολή διαστημικού λεωφορείου πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2011 (STS-135).

Με τις επανδρωμένες αποστολές του Space Shuttle και μη επανδρωμένες αποστολές μεγάλων, πολύπλοκων αποστολών (όπως η αποστολή Galileo μπήκε σε τροχιά γύρω από τον Δία το 1989 και ξεπέρασε το 1 δις δολάρια σε κόστος) οι οποίες απαιτούσαν τεράστιου προϋπολογισμούς και χρόνο κατασκευής, υπήρξαν σκέψεις και προτάσεις για την σχεδίαση και εκτόξευση μικρότερων αποστολών οι οποίες θα είχαν μικρότερο μέγεθος (μάζα/όγκο), μικρότερο κόστος και θα μπορούσαν να εκτοξεύονται αρκετά συχνότερα από μεγαλύτερες διαστημικές αποστολές που απαιτούσαν δισεκατομμύρια σε προϋπολογισμό και δεκαετίες προετοιμασίας από την στιγμή της ιδέας/σύλληψης μέχρι την εκτόξευση και την παραγωγή αποτελεσμάτων/επιστημονικών δεδομένων. Η δεκαετία του '90 στην Αμερική περιλάμβανε μεγάλες περικοπές στο διαστημικό πρόγραμμα με πολλά παραδείγματα διαστημικών αποστολών να έχουν τεράστιες αποκλίσεις στον προϋπολογισμό τους (παραδείγμα η αποστολή Mars Observer που είχε κόστος 400 εκατομμύρια δολάρια αλλά ξεπέρασε 700 εκατομμύρια χωρίς το κόστος εκτόξευσης). Προς το τέλος το τέλος την δεκαετίας του '80 η NASA αποφάσισε να κάνει μία στρατηγική αναδιάρθρωση δυνάμεων και στόχων (strategic retreat). Το αποτέλεσμα της νέας στρατηγικής ήταν να προταθεί μία νέα μεθοδολογία σχεδίασης και κατασκευής διαστημικών αποστολών βασιζόμενη στο δόγμα 'Faster, Better, Cheaper', πραγματοποιώντας δηλαδή διαστημικές αποστολές, γρηγορότερα, καλύτερα και με χαμηλότερους προϋπολογισμούς με νέες ευέλικτες και απλοποιημένες σχεδιαστικές διαδικασίες. Πρωτοπόρο σε αυτή την νέα στρατηγική ήταν το Applied Physics Laboratory του John Hopkins University με την εξαιρετικά καινοτόμα αποστολή NEAR του προγράμματος Discovery, ενός προγράμματος της NASA για ρομποτικές αποστολές με χαμηλό κόστος - κάτω των 200 εκατομμυρίων. Η αποστολή NEAR αποτέλεσε επανάσταση στον χώρο του διαστήματος, όχι μόνο για τα επιστημονικά και τεχνολογικά της επιτεύγματα (συνάντηση και μελέτη αστεροειδούς (Έρως), προσεδάφιση στον αστεροειδή) αλλά και στην διαχείριση και υλοποίηση πολύπλοκων διαστημικών αποστολών, καθότι ολοκληρώθηκε σε μόλις 27 μήνες, το κόστος κατασκευής του οχήματος ήταν λιγότερο από 150 εκατομμύρια δολάρια. Είναι δε χαρακτηριστικό ότι ο καθ. Σ. Κριμιζής, διευθυντής τότε του Applied Physics Laboratory του John Hopkins University που ήταν ο υπεύθυνος οργανισμός για την αποστολή, σε μία εκδήλωση αποδοχής του διαστημοπλοίου NEAR από την NASA, επέστρεψε 38 εκατομμύρια δολάρια του προϋπολογισμού των 150 εκατομμυρίων πίσω στην NASA, ως αποτέλεσμα της επιτυχούς διαχείρισης της αποστολής, κάτι που δεν είχε γίνει ποτέ στην ιστορία του Διαστήματος και των διαστημικών αποστολών.

Αποστολές στον Άρη: Η εξερεύνηση του Άρη ξεκίνησε με την αποστολή Mariner 4 το 1964, η οποία ως η πρώτη επιτυχημένη αποστολή εξερεύνησης στον Άρη μετέφερε την πρώτη ψηφιακή κάμερα που είχε κατασκευαστεί ποτέ και μετέδωσε τις πρώτες εικόνες από άλλον πλανήτη εκτός της Γης. Η αποστολή είχε μεταξύ των μελών της και τον Έλληνα ακαδημαϊκό καθ. Σ. Κριμιζή ο οποίος ήταν υπεύθυνος για ένα επιστημονικό όργανο το οποίο θα μετρούσε υψηλής ενέργειας σωματίδια. Με το επιστημονικό όργανο του καθ. Κριμιζή μπορεί να μην αναλήφθηκαν ζώνες Van Allen γύρω από τον Άρη εξαιτίας του αδύναμου μαγνητικού πεδίου αλλά ανακαλύφθηκε ότι στις ηλιακές εκρήξεις εκτός από πρωτόνια εκπέμπονται και ηλεκτρόνια. Από τότε όλες οι διαστημικές αποστολές μεταφέρουν όργανα να μετρούν την μέτρηση ηλεκτρονίων από ηλιακές εκρήξεις, με τον καθ Κριμιζή να αποτελεί τον μοναδικό επιστήμονα στον πλανήτη να έχει στείλει επιστημονικά όργανα σε όλους του πλανήτες του ηλιακού συστήματος. Η

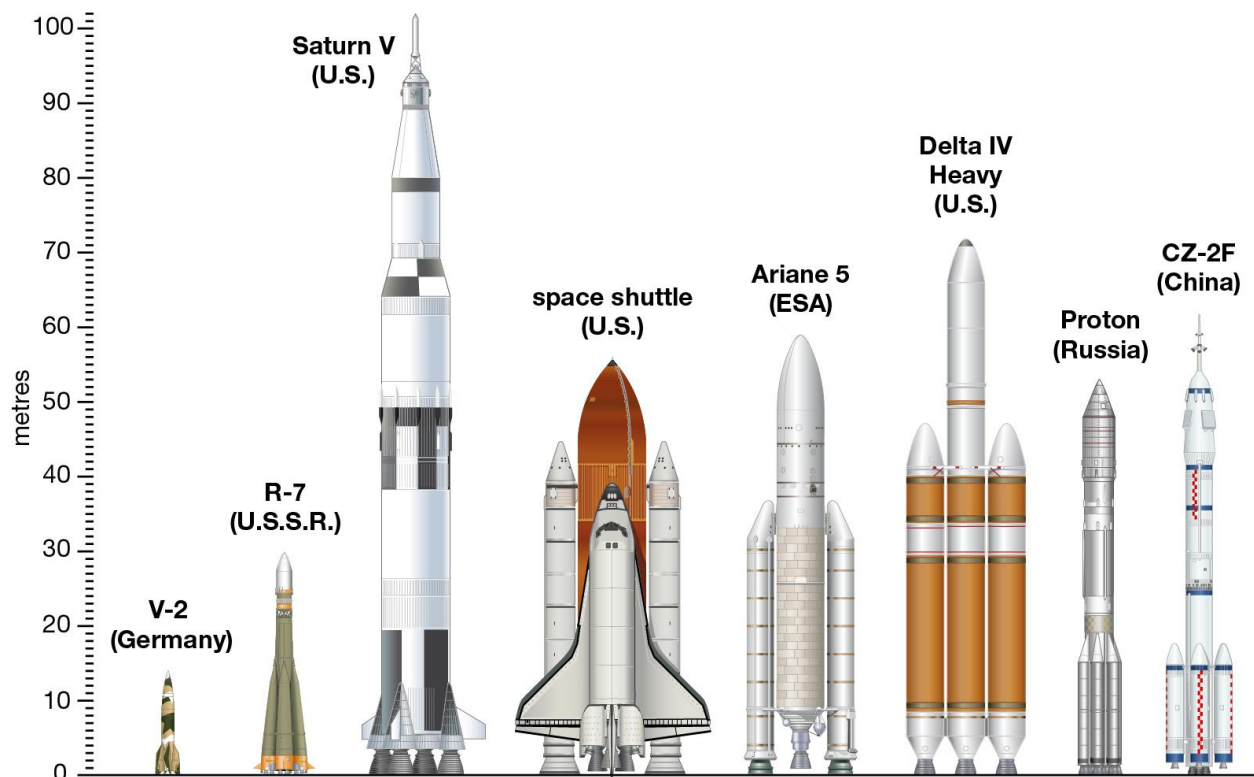
εξερεύνηση του Άρη πάντα προκαλούσε ξεχωριστό ενδιαφέρον στο κοινό και για τους επιστήμονες αλλά οι δύσκολες καιρικές συνθήκες στον Άρη (ατμόσφαιρα) και η πολυπλοκότητα στην διαδικασία προσγείωσης έχει αποτελέσει αφορμή για την απώλεια αρκετών διαστημικών οχημάτων στον Άρη. Μετά την αποστολή Mariner-4 το 1965/1965, η αποστολή mariner-9 ήταν η πρώτη που μπήκε σε τροχιά γύρω από τον Άρη το 1971. Οι Σοβιετικές αποστολές Mars 2, 3 απέτυχαν να στείλουν δεδομένα από την επιφάνεια του Άρη αν και το mars 3 προσγειώθηκε επιτυχώς. Το 1975 η NASA έστειλε τα Viking-1, 2 και αποτέλεσαν τις κύριες επιτυχίες και πηγές δεδομένων από τον Άρη για πολλά χρόνια. Οι Σοβιετικές αποστολές Phobos 1/2 που εκτοξεύτηκαν το 1988 απέτυχαν να προσεδαφιστούν στον Άρη. Συνολικά 25 από τις 55 αποστολές που έχουν σταλεί στον Άρη έχουν επιτύχει την αποστολή τους αν και από τις 16 αποστολές που έχουν εκτοξευθεί από το 2001, 12 έχουν πετύχει τους στόχους τους και οκτώ από αυτούς είναι ακόμα επιχειρησιακοί. Οι αποτυχημένες αποστολές περιλαμβάνουν τα Mars Observer (1992), Mars 96 (1996), Mars Climate Orbiter (1999), Mars Polar Lander/Deep Space 2 (1999), Beagle 2 (2003) και πρόσφατα το Schiaparelli του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (2016). Η πρώτη αποστολή στην οποία προσεδαφίστηκε κινούμενο ρομποτικό όχημα ήταν η αποστολή της NASA Mars Pathfinder το 1997, η οποία μετέφερε το όχημα Sojourner με μάζα 11.5 kg και διένυσε απόσταση 100m με διάρκεια ζωής 85 μέρες ξεπερνώντας την προδιαγραφή των 7 ημερών. Το 2004 τα δίδυμα rover Spirit και Opportunity της NASA προσεδαφίστηκαν στον Άρη και ξεπέρασαν κάθε προσδοκία με την απόδοσής τους και τον χρόνο λειτουργίας τους, με το Spirit να επιβιώνει μέχρι και το 2010. Το 2012 το rover Curiosity, με μέγεθος όσο ένα συμβατικό αυτοκίνητο προσεδαφίστηκε στον Άρη με μεγαλύτερη εμβέλεια από κάθε άλλο rover. Το 2020 εκτοξεύτηκαν οι αποστολές Mars 2020 της NASA με στόχο ένα rover όπως το Curiosity που περιλαμβάνει και ένα μη επανδρωμένο μικρό ελικόπτερο να εξερευνήσει τον Άρη, το Κινεζικό Τιανσεν-1 που περιλαμβάνει τροχιακό όχημα και rover για την επιφάνεια του Άρη και το τροχιακό όχημα Hope των ΗΑΕ που θα μελετήσει τον καιρό στον Άρη. Η Ευρωπαϊκή αποστολή ExoMARS έχει μετατεθεί για το 2022 και περιλαμβάνει το rover Rosalind που θα εξερευνήσει την επιφάνεια του Άρη.



Σχήμα 8 Σύγκριση του μεγέθους των ρομπότ (rover) που έχουν προσεδαφιστεί στον Άρη: Sojourner rover, Mars Exploration Rovers (Spirit & Opportunity), Phoenix lander και Mars Science Laboratory (Curiosity).

Στον τομέα της διαστημικής, πάντα αναπτύσσονται ιδιαίτερα καινοτόμες τεχνολογίες και εφαρμογές, πολλές από τις οποίες αναπτύχθηκαν αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς. Μία τέτοια καινοτομία/εφαρμογή ανέπτυξε πρώτο το Applied Physics Laboratory του John Hopkins University, το 1959, το 'Transit Navigation System' το οποίο μπορούσε να δίνει στα πλοία του Αμερικανικού πολεμικού ναυτικού τις συντεταγμένες τους οπουδήποτε στον ωκεανό, ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών και το οποίο μετέπειτα το 1967 εφαρμόστηκε η χρήση του στον εμπορικό στόλο όλου του κόσμου. Το σύστημα 'Transit' αποτέλεσε τον πρόγονο των συστημάτων πλοήγησης που αναπτύχθηκαν το 1970-1980 (Global Positioning System – GPS, Αμερική), το 2015 και ύστερα με το Ευρωπαϊκό σμήνος Galileo (Ευρώπη) και το Κινεζικό Beidou.

Οι δεκαετίες του 1980-1990 είδαν όμως χώρες όπως η Ινδία, Κίνα και Ιαπωνία να αναπτύσσουν πλειάδα από δορυφόρους πολλαπλών εφαρμογών (επιστημονικούς και εμπορικούς) και πυραυλικούς φορείς. Η Ινδία απέκτησε ένα από τα πιο προηγμένα διαστημικά προγράμματα εκτοξεύοντας τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους αλλά και δορυφόρους τηλεπισκόπησης (παρατήρησης της Γης) με τον δικό της πυραυλικό φορέα Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) ο οποίος θα αποδειχθεί μετέπειτα και εμπορικά δημοφιλής εκτοξεύοντας και δορυφόρους από άλλες χώρες. Η Κίνα, μετά από πολλαπλές αποτυχίες και βασιζόμενη αρχικά στην τεχνολογία βαλλιστικών, διηπειρωτικών πυραύλων ανέπτυξε σταδιακά μία μεγάλη οικογένεια από πυραυλικούς φορείς και τεχνολογία κατασκευής δορυφόρων/διαστημικών συστημάτων που την κατατάσσει πλέον ως μία από τις τρεις σημαντικότερες και μεγαλύτερες διαστημικές δυνάμεις, έχοντας εκτοξεύσει δικούς της αστροναύτες σε τροχιά 2003, έχοντας έναν στόλο σε τροχιά από δορυφόρους πλοήγησης (Beidou), τηλεπικοινωνιακούς, τηλεπαρατήρησης και με επιτυχίες αποστολές με ρομποτικά οχήματα (lander/rover) στην Σελήνη αλλά και πρόσφατα στον Άρη (εκτόξευση Ιουλίου 2020).



Σχήμα 9: Διαστημικοί Φορείς/Εκτοξευτές

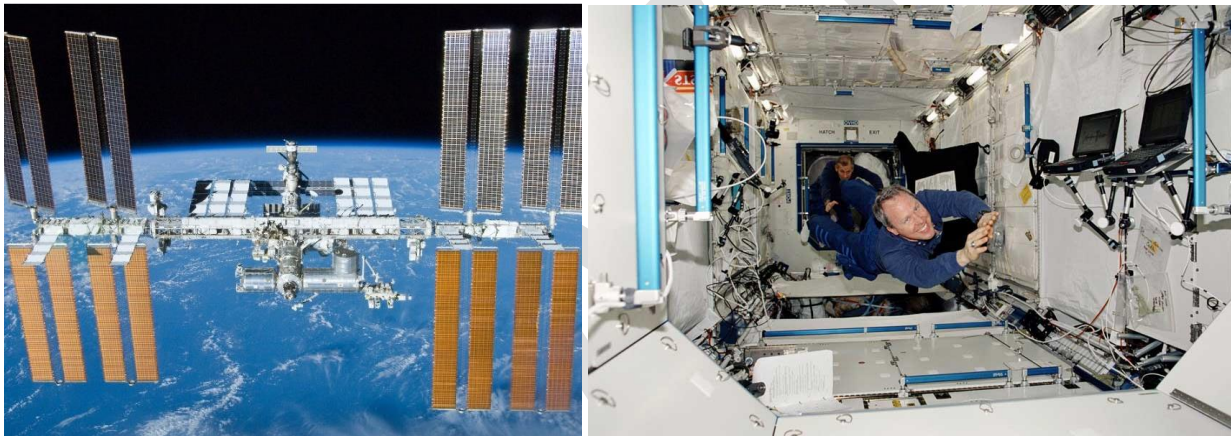
Στις δεκαετίες του 1980 και 1990, η Ευρώπη μέσω του Ευρωπαϊκού Διαστημικού Οργανισμού (ΕΔΟ-ESA) αλλά τα τελευταία μέσω και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει αναπτύξει και αυτή μία σειρά από ιδιαίτερα χρήσιμα διαστημικά συστήματα, τεχνολογίες, διαστημικές αποστολές εξερεύνησης, διαστημικούς φορείς (Ariane 1-6, VEGA), προηγμένους τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους, δορυφόρους πλοήγησης (Galileo), παρατήρησης της Γης (Copernicus) διατηρώντας την πρωτοπορία σε πολλούς τομείς του Διαστήματος. Ο ηγετικός ρόλος της Ευρώπης στους εμπορικούς διαστημικούς φορείς και τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους ήταν ιδιαίτερα αισθητός την δεκαετία του 1990 πριν την εμφάνιση της Space X (ΗΠΑ) και της ιδιωτικής πρωτοβουλίας, με τους διαστημικούς φορείς Ariane IV και V να αποτελούν τεράστιες εμπορικές επιτυχίες με μεγάλο μερίδιο της αγοράς, κάτι που φιλοδοξεί να πετύχει ο ΕΟΔ με τον νέο διαστημικό φορέα Ariane 6, που αναμένεται να δοκιμαστεί/εκτοξευτεί πρώτη φορά το 2021. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επενδύσει σε δύο γιγαντιαία προγράμματα με κρίσιμο εμπορικό, κοινωνικό και οικονομικό αντίκρυσμα, το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης Galileo, που επιτρέπει την ανεξάρτητη πλοήγηση οχημάτων με μεγάλη ακρίβεια θέσης και το πρόγραμμα Copernicus, όπου ένας στόλος από δεκάδες δορυφόρους σε τροχιά χαρτογραφεί τον πλανήτη και βοηθά με τα δεδομένα του την πρόληψη περιβαλλοντικών καταστροφών, την παρακολούθηση και μελέτη της κλιματικής αλλαγής αλλά και την δημιουργία νέων καινοτόμων εφαρμογών.



Σχήμα 10: Εκτόξευση του Φορέα Ariane V με τον Ελληνοκυπριακό Δορυφόρο HELLASAT-4 το 2019

Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ΔΔΣ) (International Space Station, ISS) είναι ένας ερευνητικός διαστημικός σταθμός σε τροχιά γύρω από τη Γη. Η συναρμολόγηση του ξεκίνησε τον Νοέμβριο του 1998 ενώ το πρώτο του πλήρωμα εγκαταστάθηκε τον Νοέμβριο του 2000. Ο ΔΔΣ εξακολουθεί και σήμερα να βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης. Είναι ορατός από τη Γη δια γυμνού οφθαλμού, με την απόστασή του από την επιφάνειά της να κυμαίνεται μεταξύ 400,2 χλμ. και 409,5 χιλιομέτρων. Ο ΔΔΣ αποτελεί κοινό πρόγραμμα μεταξύ των διαστημικών οργανισμών NASA των ΗΠΑ, Roscosmos Ρωσίας, JAXA Ιαπωνίας, CSA (Καναδά) και ΕΟΔ (Ευρώπης). Ο ΔΔΣ είναι η συνέχιση αυτού που ξεκίνησε ως ο αμερικανικός διαστημικός σταθμός *Freedom*, η χρηματοδότηση του οποίου περικόπηκε σημαντικά, και αντιπροσωπεύει τη συγχώνευση του *Freedom*

με προγράμματα διαστημικών σταθμών από άλλες χώρες, όπως του ρωσικού *Μιρ-2*, του ευρωπαϊκού «Κολόμβος» και του ιαπωνικού *Κίμπο*. Ο ΔΔΣ κατοικείται συνεχώς από τότε που το πρώτο πλήρωμα μπήκε στον σταθμό στις 2 Νοεμβρίου 2000, παρέχοντας έτσι συνεχή ανθρώπινη παρουσία στο διάστημα. Ο ΔΔΣ εξυπηρετείται κυρίως από τα ρωσικά διαστημόπλοια *Σογιούζ* και *Progress*, μέχρι το 2013 από τα αμερικανικά, και πρόσφατα και από το Ευρωπαϊκό μεταφορικό σκάφος *ATV* με κωδική ονομασία για την πρώτη αποστολή *Jules Verne*, η οποία πήρε το όνομά της από τον συγγραφέα Ιούλιο Βερν. Ο σταθμός πάντως έχει δεχτεί συνολικά 200 αστροναύτες από 15 χώρες. Ήταν επίσης ο προορισμός των επτά πρώτων τουριστών του διαστήματος, ενώ το 2012 το διαστημικό όχημα τύπου *Dragon* της *SpaceX* έγινε το πρώτο όχημα ιδιωτικής εταιρείας που προσέδεσε στον σταθμό μεταφέροντας προμήθειες και εξοπλισμό. Τον Ιούλιο του 2020, προσδέθηκε με την επανδρωμένη κάψουλα *Dragon* (*SpaceX*) το πρώτο πλήρωμα Αμερικανών αστροναυτών σε ιδιωτική κάψουλα, στην πρώτη πτήση που μετέφερε Αμερικανούς αστροναύτες από το 2011 που αποσύρθηκαν τα διαστημικά λεωφορεία της *NASA*. Ενδιάμεσα, όλοι οι αστροναύτες που μεταφέρονταν στον ΔΔΣ (Αμερικανοί, Ευρωπαίοι κλπ) χρησιμοποιούσαν το Ρωσικό διαστημικό όχημα *Soyuz*.



Σχήμα 11: Διεθνής Διαστημικός Σταθμός – International Space Station

Ο συμβατικός και τις περισσότερες φορές πολύπλοκος και ακριβός σχεδιασμός διαστημικών αποστολών/συστημάτων σε συνδυασμό με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στους τομείς της μικροηλεκτρονικής, υλικών, αυτόνομων συστημάτων, οδήγησε στο τέλος της δεκαετίας του 2010 στην ιδιωτική πρωτοβουλία, όπου νεοφυής, νέοι επιχειρηματίες όπως ο *Elon Musk*, αλλά και επιχειρηματίες κύρους από τομείς εκτός της αεροδιαστημικής, ξεκίνησαν να επενδύουν σημαντικά κεφάλαιο δημιουργώντας νέους αεροδιαστημικούς κολοσσούς εκ του μηδενός, όπως η *SpaceX*, *Blue Origin*, *Planet* που σε πολλούς τομείς έχουν ξεπεράσει σε ανταγωνιστικότητα εταιρίες όπως η *Boeing*, *Lockheed Martin*, *ArianeGroup*, *Airbus* στην κατασκευή και εμπορική χρήση (με κερδοφορία) διαστημικών εκτοξευτών, επανδρωμένων διαστημικών οχημάτων (π.χ. κάψουλα *Dragon* - *Falcon 9*) και πολλές φορές αποδεικνύοντας ότι η ιδιωτική πρωτοβουλία και διαχείριση πολύπλοκων και κοστοβόρων προγραμμάτων όπως οι επανδρωμένες πτήσεις μπορούν να γίνουν αρκετά φθηνότερα και με εμπορικό χαρακτήρα/κερδοφορία σε σύγκριση με τους συμβατικούς τρόπους ανάπτυξης και διαχείρισης τέτοιων προγραμμάτων από δημόσιους οργανισμούς ή από 'κλασικές εταιρίες' του αεροδιαστημικού/αμυντικού τομέος που έχουν μάθει να αναπτύσσουν διαστημικά οχήματα/συστήματα με πιο συμβατικό και πολλές φορές αναχρονιστικό τρόπο.

1.2 Περιγραφή διαστημικών οργανισμών

Η NASA (National Aeronautics and Space Administration, δηλαδή η Αμερικανική Εθνική Υπηρεσία Αεροναυπηγικής και Διαστήματος, συχνά γράφεται στα ελληνικά και ως ΝΑΣΑ) είναι κρατικός Αμερικάνικος οργανισμός που ασχολείται με την εξερεύνηση του διαστήματος, την αεροναυτική και τη μελέτη του περιβάλλοντος της Γης. Ιδρύθηκε στις 29 Ιουλίου του 1958 με την Πράξη Εθνικής Αεροναυτικής και Διαστήματος. Η έδρα της NASA βρίσκεται στην Ουάσινγκτον, ενώ όλες οι εκτοξεύσεις των επανδρωμένων και μη επανδρωμένων διαστημοπλοίων της πραγματοποιούνται στο διαστημικό κέντρο Κένεντι. Στις 29 Ιουλίου 1958, ο πρόεδρος Αϊζενχάουερ υπέγραψε την Πράξη Εθνικής Αεροναυτικής και Διαστήματος, ιδρύοντας τη NASA. Όταν ξεκίνησε τη λειτουργία της στις 1 Οκτωβρίου 1958, η NASA αποτελούνταν κυρίως από τα τέσσερα εργαστήρια και τους 80 υπαλλήλους της 46-ετούς ερευνητικής υπηρεσίας που ονομαζόταν «Εθνική Συμβουλευτική Επιτροπή Αεροναυτικής», αγγλ. National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Σημαντικός παράγοντας στην είσοδο της NASA στην κούρσα του διαστήματος, ήταν η τεχνολογία από το γερμανικό πυραυλικό πρόγραμμα, καθοδηγούμενο από τον Βέρνερ φον Μπράουν, ο οποίος έγινε Αμερικανός πολίτης μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Σήμερα θεωρείται ως ο πατέρας του διαστημικού προγράμματος των ΗΠΑ. Στοιχεία της Υπηρεσίας Στρατιωτικών Βαλλιστικών Πυραύλων (αγγλ. Army Ballistic Missile Agency) (στην οποία ανήκε η ομάδα του φον Μπράουν) και του Εργαστηρίου Ερευνών του Ναυτικού (αγγλ. Naval Research Laboratory) ενσωματώθηκαν στη NASA.

Τα πρώτα προγράμματα της NASA περιελάμβαναν έρευνα πάνω στις επανδρωμένες διαστημικές πτήσεις και έλαβαν χώρα κάτω από την πίεση του ανταγωνισμού που υπήρχε μεταξύ ΗΠΑ και ΕΣΣΔ κατά την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου. Το πρόγραμμα *Απόλλων* σχεδιάστηκε για την προσελήνωση ανθρώπων και την ασφαλή επιστροφή τους στη Γη. Τα *Απόλλων 8* και *Απόλλων 10* δοκίμασαν διάφορα εξαρτήματα κατά την περιστροφή τους γύρω από τη Σελήνη και επέστρεψαν με φωτογραφίες από τη σεληνιακή επιφάνεια. Στις 20 Ιουλίου 1969 το *Απόλλων 11* προσελήνωσε τους πρώτους ανθρώπους, τον Νηλ Άρμστρονγκ και τον Μπαζ Όλντριν. Το *Απόλλων 13* δεν προσεληνώθηκε λόγω μηχανικής βλάβης, αλλά εκ θαύματος επέστρεψε ασφαλώς και με εκατοντάδες φωτογραφίες. Οι έξι αποστολές που προσεληνώθηκαν επέστρεψαν με πλήθος επιστημονικών δεδομένων και περίπου 400 κιλά σεληνιακών δειγμάτων. Εκτελέστηκαν πειράματα μηχανικής εδάφους, μετεωριτικά, σεισμικά, θερμικά, σεληνιακής τοπογραφίας, μαγνητικών πεδίων και ηλιακού ανέμου. Στο πρόγραμμα *Απόλλων* είχαν λάβει μέρος άτομα και από άλλες χώρες του πλανήτη όπως οι Δημήτρης Κρεμασιώτης, Α. Κονταράτος (Ελλάδα). Το Διαστημικό Λεωφορείο έγινε ο βασικός στόχος της NASA στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στη δεκαετία του 1980, όντας σχεδιασμένο ως ένα συχνά εκτοξεύσιμο και, ως επί το πλείστον, επαναχρησιμοποιούμενο όχημα. το 1985 κατασκευάστηκαν τέσσερα διαστημικά λεωφορεία. Το πρώτο, το «Κολούμπια», εκτοξεύθηκε στις 12 Απριλίου 1981.

Το λεωφορείο δεν έφερε μόνο καλά νέα στη NASA. Οι πτήσεις αποδείχθηκαν πολύ ακριβότερες από τις προβλέψεις και παρότι η καταστροφή του «Τσάλλεντζερ» επισήμανε τους κινδύνους των διαστημικών πτήσεων, το κοινό έχασε και πάλι το ενδιαφέρον του καθώς οι πτήσεις φάνηκε να γίνονται κοινότυπες. Ξεκίνησε δουλειά πάνω στον Διαστημικό Σταθμό «Φρίντομ» (Space Station Freedom), ως τον βασικό στόχο για το επανδρωμένο διαστημικό πρόγραμμα, όμως μέσα στη NASA υπήρχε διαφωνία ότι αυτά τα προγράμματα ήταν σε βάρος πιο εμπνευσμένων, μη επανδρωμένων αποστολών, όπως αυτές των Βόγιατζερ. Στο μεγαλύτερο μέρος της δεκαετίας του 1990 η NASA αντιμετώπισε συρρικνωμένους ετήσιους προϋπολογισμούς λόγω περικοπών από το Κογκρέσο. Σε απάντηση, ο ένατος διευθυντής της NASA, ο Ντάνιελ Γκόλντιν, προώθησε την προσέγγιση «γρηγορότερα, καλύτερα, φτηνότερα», η οποία επέτρεψε στη NASA να μειώσει το κόστος των αποστολών της, συνεχίζοντας την εισαγωγή μιας ποικιλίας αεροδιαστημικών προγραμμάτων (Πρόγραμμα «Ντισκάβερι»). Αυτή η μέθοδος δέχτηκε κριτική και επανεξετάστηκε μετά τη διπλή απώλεια του Mars Climate Orbiter και του Mars Polar Lander το 1999.

Από την άλλη, το πρόγραμμα διαστημικού λεωφορείου της NASA είχε ολοκληρώσει 116 επιτυχημένες εκτοξεύσεις μέχρι τον Δεκέμβριο του 2006.

Η τραγωδία του «Κολούμπια» το 2003, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τον θάνατο του πληρώματος, προκάλεσε μια αναστολή 29 μηνών στις πτήσεις του διαστημικού λεωφορείου και ήταν το έναυσμα για σοβαρή επανεξέταση των προτεραιοτήτων της NASA. Οι συνεχιζόμενες έρευνες της NASA περιλαμβάνουν αναλυτικές μελέτες του Άρη και του Κρόνου, και αναλύσεις της Γης και του Ήλιου. Άλλες διαστημοσυσσκευές της NASA βρίσκονται καθ' οδόν προς τον Ερμή και τον Πλούτωνα. Με αποστολές στο Δία να βρίσκονται στο στάδιο του σχεδιασμού, τα δρομολόγια της NASA καλύπτουν πάνω από το μισό Ηλιακό Σύστημα.

Διαχειριζόμενη από το Εργαστήριο Προώθησης Τζετ (αγγλ. Jet Propulsion Laboratory, JPL) της NASA, στην Πασαντίνα της Καλιφόρνια, η αποστολή «Φοίνιξ» (αγγλ. Phoenix) εκτοξεύθηκε στις 4 Αυγούστου 2007. Θα ψάξει για πιθανά υπόγεια αποθέματα νερού στο βόρειο πόλο του Άρη. Αυτή η βολίδα προσεδάφισης αναβιώνει πολλά από τα πειράματα και τα όργανα μέτρησης της αποτυχημένης αποστολής Mars Polar Lander του 1999. Ένα βελτιωμένο και μεγαλύτερο όχημα, το Εργαστήριο Φυσικής του Άρη (αγγλ. Mars Science Laboratory) ή αλλιώς Curiosity) προσεδάφιστηκε με επιτυχία στον Άρη στις 5 Αυγούστου 2012. Η αποστολή «Νέοι Ορίζοντες» (New Horizons) στον Πλούτωνα ξεκίνησε το 2006 και πέρασε από τον νάνο πλανήτη το 2015. Η διαστημοσυσσκευή δέχθηκε βαρυτική ώθηση από το Δία τον Φεβρουάριο του 2007, εξετάζοντας μερικούς από τους εσωτερικούς δορυφόρους του και ελέγχοντας τα όργανα μέτρησης κατά τη διάρκεια της διέλευσης. Επίσης, τελείωσε η σχεδίαση των οχημάτων Orion, που θα αντικαταστήσουν τα διαστημικά λεωφορεία. Αυτά αναμένονται να είναι έτοιμα για την πρώτη επανδρωμένη διαστημική αποστολή το νωρίτερο το 2021, ενώ μέχρι το 2024 θα έχουν πραγματοποιήσει επαναπροσέγγιση της Σελήνης μέσω του προγράμματος "Αρτεμис". Σκοπός του προγράμματος είναι να προσεδαφίσει τον επόμενο άνδρα αλλά και την πρώτη γυναίκα στην Σελήνη.

Η Roscosmos State Corporation για διαστημικές δραστηριότητες, κοινώς γνωστή ως Roscosmos, είναι μια κρατική εταιρεία της Ρωσικής Ομοσπονδίας που είναι υπεύθυνη για διαστημικές πτήσεις, προγράμματα κοσμοναυτικής και έρευνα αεροδιαστημικής. Προερχόμενη από το σοβιετικό διαστημικό πρόγραμμα που ιδρύθηκε τη δεκαετία του 1930, η Roscosmos εμφανίστηκε μετά τη διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης το 1991. Αρχικά ξεκίνησε ως η Ρωσική Υπηρεσία Διαστήματος, η οποία ιδρύθηκε στις 25 Φεβρουαρίου 1992 και αναδιαρθρώθηκε το 1999 και 2004, ως Ρωσική Υπηρεσία Αεροπορίας και Διαστήματος και η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαστήματος (Roscosmos), αντίστοιχα. Το 2015, η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαστήματος (Roscosmos) συγχωνεύτηκε με την United Rocket και Η Space Corporation, μια κυβερνητική εταιρεία, για την επανεθνικοποίηση της ρωσικής διαστημικής βιομηχανίας, οδηγώντας στη Roscosmos στην τρέχουσα μορφή της. Η Roscosmos εδρεύει στη Μόσχα, με το κύριο Κέντρο Ελέγχου Αποστολών στην κοντινή πόλη Κορολγιον και το Εκπαιδευτικό Κέντρο Κοσμοναυτών Γιούρι Γκαγκάριν που βρίσκεται στο Star City στην Περιφέρεια της Μόσχας. Οι εγκαταστάσεις εκτόξευσής του περιλαμβάνουν το Baikonur Cosmodrome στο Καζακστάν, το πρώτο, μεγαλύτερο και πιο πολυσύχναστο διαστημικό αεροδρόμιο στον κόσμο, και το Vostochny Cosmodrome, το οποίο χτίζεται στη Ρωσική Άπω Ανατολή στην Περιφέρεια Amur. Ως ο κύριος διάδοχος του σοβιετικού διαστημικού προγράμματος, η κληρονομιά της Roscosmos περιλαμβάνει τον πρώτο δορυφόρο στον κόσμο, την πρώτη επανδρωμένη διαστημική πτήση και τον πρώτο διαστημικό σταθμό. Οι τρέχουσες δραστηριότητές της περιλαμβάνουν τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, όπου είναι σημαντικός συνεργάτης. Το σοβιετικό διαστημικό πρόγραμμα δεν είχε κεντρικούς εκτελεστικούς οργανισμούς. Αντ' αυτού, η οργανωτική του αρχιτεκτονική ήταν πολυκεντρική. Ήταν τα γραφεία σχεδιάσεων (Korolev, Lavochkin, Energia, Khrunichev) και το συμβούλιο σχεδιαστών που είχαν το μεγαλύτερο λόγο, όχι η πολιτική ηγεσία. Η δημιουργία μιας κεντρικής υπηρεσίας μετά τον διαχωρισμό της Ρωσίας από τη Σοβιετική Ένωση ήταν επομένως μια νέα εξέλιξη την δεκαετία του 1990. Η Ρωσική Υπηρεσία Διαστήματος ιδρύθηκε στις 25 Φεβρουαρίου 1992, με διάταγμα του Προέδρου Yeltsin. Τα

πρώτα χρόνια, η Υπηρεσία υπέφερε από έλλειψη εξουσίας καθώς τα ισχυρά γραφεία σχεδιασμού αγωνίστηκαν για να προστατεύσουν τις δικές τους σφαίρες λειτουργίας και να επιβιώσουν. Για παράδειγμα, η απόφαση να διατηρήσει τη λειτουργία του Mir μετά το 1999 δεν ελήφθη από τον οργανισμό. Αντ' αυτού, έγινε από το ιδιωτικό συμβούλιο μετόχων του γραφείου σχεδιασμού Energia. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ότι η απόφαση για την ανάπτυξη του νέου πυραύλου Angara ήταν μάλλον συνάρτηση της ικανότητας του σχεδιαστικού γραφείου/εταιρίας Khrunichev να προσελκύσει πόρους από μια συνειδητή μακροπρόθεσμη απόφαση του οργανισμού.

Ως αποτέλεσμα μιας σειράς προβλημάτων αξιοπιστίας και πλησίον της αποτυχίας της εκτόξευσης Proton M τον Ιούλιο του 2013, πραγματοποιήθηκε μια σημαντική αναδιοργάνωση της ρωσικής διαστημικής βιομηχανίας. Η United Rocket and Space Corporation ιδρύθηκε ως κοινή εταιρεία από την Ρωσική κυβέρνηση τον Αύγουστο του 2013 για την ενοποίηση του ρωσικού διαστημικού τομέα. Ο αντιπρόεδρος της κυβέρνησης Ντμίτρι Ρογκοζίν δήλωσε ότι «ο διαστημικός τομέας που είναι επιρρεπής σε αποτυχία είναι τόσο ταραγμένος που χρειάζεται κρατική επίβλεψη για να ξεπεράσει τα προβλήματά του.» Τρεις ημέρες μετά την αποτυχία του Proton M από λάθη στην συναρμολόγηση του πυραύλου και την λανθασμένη τοποθέτηση γυροσκοπίων, η ρωσική κυβέρνηση ανακοίνωσε ότι «εξαιρετικά σκληρά μέτρα» θα λαμβανόταν και ότι η κυβέρνηση σκόπευε να αναδιοργανώσει κατά τέτοιο τρόπο ώστε να «διατηρήσει και να ενισχύσει τον διαστημικό οργανισμό της Roscosmos». Πιο αναλυτικά σχέδια που κυκλοφόρησαν τον Οκτώβριο του 2013 πρότειναν την επανεθνικοποίηση της «προβληματικής διαστημικής βιομηχανίας», με εκτεταμένες μεταρρυθμίσεις που περιλαμβάνουν μια νέα «ενοποιημένη δομή διοίκησης και μείωση των περιττών δυνατοτήτων, πράξεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε δεκάδες χιλιάδες απολύσεις». Σύμφωνα με τον Rogozin, ο ρωσικός διαστημικός τομέας απασχολεί περίπου 250.000 άτομα, ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες χρειάζονται μόνο 70.000 για να επιτύχουν παρόμοια αποτελέσματα. Είπε: "Η ρωσική παραγωγικότητα του διαστήματος είναι οκτώ φορές χαμηλότερη από την Αμερική, με εταιρείες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και να λειτουργούν με απόδοση 40% περίπου." Σύμφωνα με το σχέδιο του 2013, η Roscosmos επρόκειτο να «ενεργήσει ως ομοσπονδιακό εκτελεστικό όργανο και αναθέτουσα αρχή για προγράμματα που θα εφαρμοστούν από τη βιομηχανία». Το 2016, η κρατική υπηρεσία διαλύθηκε και η Roscosmos μεταφέρθηκε στην κρατική εταιρεία, η οποία είχε δημιουργηθεί το 2013 ως United Rocket and Space Corporation, με τη συγκεκριμένη αποστολή να επανεθνικοποιήσει τον ρωσικό διαστημικό τομέα. Το 2018, ο Ρώσος πρόεδρος Βλαντιμίρ Πούτιν είπε "είναι απαραίτητο να βελτιωθεί δραστικά η ποιότητα και η αξιοπιστία του διαστήματος και να εκτοξευθούν οχήματα" ... για να διατηρηθεί η αυξανόμενη απειλούμενη ηγεσία της Ρωσίας στο διάστημα. Η Ρωσία διατηρεί πολλές διαστημικές δραστηριότητες βασιζόμενη στην τεχνολογία και διαστημικά οχήματα/πυραύλους που αναπτύχθηκαν κατά την Σοβιετική περίοδο (1960-1990) με τους διαστημικούς φορείς Soyuz να είναι από τους πιο εμπορικούς δημοφιλείς φορείς εκτόξευσης (εκτοξευόμενοι και από την βάση εκτόξευσης του ΕΟΔ/ESA στην Γαλλική Γουιάνα), την επανδρωμένη έκδοση του φορέα Soyuz που μεταφέρει αστροναύτες/κοσμοναύτες σε τροχιά (και μόνο φορέα που το έκανε αυτό μετά την απόσυρση των διαστημικών λεωφορείων της NASA και την πτήση Κινεζικών φορέων με αστροναύτες από το 2003 και της Αμερικανικής SpaceX με την κάψουλα Dragon το 2020) τον φορέα Proton, την συμμετοχή στον ΔΔΣ με πολλαπλά διαμερίσματα και τις αποστολές ανεφοδιασμού με το διαστημικό οχήματα Progress και την κατασκευή πλειάδας διαστημικών οχημάτων/δορυφόρων τηλεπαρατήρησης, μετεωρολογίας, άμυνας, πλοήγησης και εξερεύνησης του διαστήματος. Πρέπει να προστεθεί ότι η Ρωσία ως αποτέλεσμα της κατάρρευσης της Σοβιετικής Ένωσης την δεκαετία του 1990 αξιοποίησε την πρωτοπορία της στις διαστημικές τεχνολογίες και έχει εξάγει τεχνολογίες στην κατασκευή επανδρωμένων οχημάτων στην Κίνα, Ινδία, πυραυλοκινητήρες (ως προϊόντα αλλά και με μεταφορά τεχνολογίας) στην Κίνα, Ινδία, Ν. Κορέα αλλά και στις ΗΠΑ (ATLAS V, Antares).

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ΕΟΔ) (*European Space Agency, ESA*) είναι ευρωπαϊκός οργανισμός με έδρα το Παρίσι. Δημιουργήθηκε στις 30 Μαΐου 1975 με σκοπό τον

καλύτερο συντονισμό των ευρωπαϊκών διαστημικών δραστηριοτήτων, ως αποτέλεσμα της κατανόησης ότι ήταν ασύμφορο να έχει η κάθε χώρα μέλος ένα ξεχωριστό διαστημικό πρόγραμμα και με απώτερο σκοπό να ανταγωνιστεί την τεχνολογική υπεροχή της ΕΣΣΔ και των ΗΠΑ στον συγκεκριμένο τομέα. Έχει 22 κράτη μέλη και 2.000 εργαζόμενους. Αυτά τα ιδιαίτερα εξειδικευμένα άτομα προέρχονται από όλα τα κράτη μέλη και περιλαμβάνουν επιστήμονες, μηχανικούς, ειδικούς πληροφορικής και διοικητικό προσωπικό. Τα κράτη μέλη δεν είναι αναγκαστικά μέλη της ΕΕ και αντίστροφα. Ωστόσο υπάρχει συνεργασία μεταξύ των δύο οργανισμών. Μέχρι το 2020, ο ΕΟΔ ήταν ένας διακυβερνητικός οργανισμός 22 κρατών μελών. Τα κράτη μέλη συμμετέχουν σε διαφορετικό βαθμό στα υποχρεωτικά και τα προαιρετικά διαστημικά προγράμματα. Τα 22 Κράτη Μέλη της ESA είναι η Αυστρία, το Βέλγιο, η Γαλλία, η Γερμανία, η Δανία, η Ελβετία, η Ελλάδα, η Εσθονία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιρλανδία, η Ισπανία, η Ιταλία, το Λουξεμβούργο, η Νορβηγία, η Ολλανδία, η Ουγγαρία, η Πολωνία, η Πορτογαλία, η Ρουμανία, η Σουηδία, η Τσεχία και η Φιλανδία. Ο Καναδάς συμμετέχει επίσης σε ορισμένα προγράμματα κατόπιν συμφωνιών συνεργασίας. Ο συνολικός προϋπολογισμός ανήλθε σε περίπου 4,02 δισ. Ευρώ το 2012, 4,28 δισ. Ευρώ το 2013, 4,10 δισ. Ευρώ το 2014, 4,43 δισ. Ευρώ το 2015, 5,25 δισ. Ευρώ το 2016 και 5,75 δισ. Ευρώ το 2017. Ο ΕΟΔ έχει έξι διαφορετικά κέντρα ώστε το καθένα ξεχωριστά να χειρίζεται διαφορετικά καθήκοντα. Αυτά είναι το Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικής Έρευνας και Τεχνολογίας (ESTEC) στο Νόρντβαϊκ της Ολλανδίας που έχει ως σκοπό τον σχεδιασμό και ανάπτυξη διαστημικής τεχνολογίας, το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Διαστημικών Ερευνών (ESRIN), στο Φρασκάτι της Ιταλίας, όπου εκεί συλλέγονται και αποθηκεύονται τα δεδομένα του οργανισμού, το Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικών Επιχειρήσεων (ESOC) στο Ντάρμστατ της Γερμανίας που έχει ως σκοπό τον έλεγχο και την παρακολούθηση των δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά και τέλος το Ευρωπαϊκό Κέντρο Αστροναυτικής Αστροναυτών (EAC) στην Κολωνία της Γερμανίας με αντικείμενο την εκπαίδευση αστροναυτών, το Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπικοινωνιών (ECSAT) στο Χάργουελ της Μεγάλης Βρετανίας, το Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικής Αστρονομίας στο Villanueva de la Cañada της Ισπανίας.

Κάποια από τα προγράμματα που χειρίζεται ο ΕΟΔ είναι:

- το Διαστημικό τηλεσκόπιο Χαμπλ, σε συνεργασία με τη NASA.
- το πρόγραμμα GALILEO (Η ευρωπαϊκή απάντηση για το GPS) που εκτελείται σε συμφωνία με την ΕΕ
- η μη επανδρωμένη αποστολή Mars Express για την παρατήρηση του Άρη.
- η μη επανδρωμένη αποστολή Venus Express για την παρατήρηση της Αφροδίτης.
- η αποστολή Ροζέττα, που πέτυχε την πρώτη είσοδο σε τροχιά γύρω από κομήτη και την πρώτη προσεδάφιση σε κομήτη
- το BepiColombo για την παρατήρηση του Ερμή (2018).
- το ExoMars που θα εκτοξευθεί στον Άρη και θα τον ερευνήσει το 2022
- Το πρόγραμμα Copernicus (επτά δορυφόροι) σε συνεργασία με την ΕΕ (Το Copernicus είναι ένα πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αποσκοπεί στην ανάπτυξη ευρωπαϊκών υπηρεσιών πληροφόρησης που βασίζονται σε γεωσκόπηση με δορυφόρους και σε επιτόπιες αναλύσεις (μη διαστημικών) δεδομένων. Επικεφαλής στην εν λόγω πρωτοβουλία είναι η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε συνεργασία με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ΕΟΔ) και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ). Το Copernicus καλύπτει έξι θεματικούς τομείς: παρακολούθηση της ατμόσφαιρας, παρακολούθηση της θάλασσας, κλιματική αλλαγή, ασφάλεια, διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και παρακολούθηση της ξηράς.

Ευρωπαϊκή Ένωση: Η Ευρώπη — τα κράτη μέλη, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ΕΟΔ), η Ευρωπαϊκή Οργάνωση για την Εκμετάλλευση Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT) και η ΕΕ — έχει

στο ενεργητικό της πολλές επιτυχίες στο διάστημα, με τεχνολογίες αιχμής και αποστολές εξερεύνησης, όπως η αποστολή Rosetta του ΕΟΔ, μοναδικές ικανότητες γεωσκόπησης και μετεωρολογίας, όπως οι δορυφόροι Meteosat και κορυφαία σε παγκόσμιο επίπεδο εμπορικά συστήματα τηλεπικοινωνιών και εκτόξευσης, με την οικογένεια εκτοξευτών Ariane και τον εκτοξευτή Vega. Η Ευρώπη διαθέτει επί του παρόντος τον δεύτερο υψηλότερο δημόσιο προϋπολογισμό για το διάστημα στον κόσμο, με προγράμματα και εγκαταστάσεις σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Μεταξύ 2014 και 2020 η ΕΕ θα επενδύσει 12 δις. EUR σε διαστημικές δραστηριότητες. Διαθέτει διαστημικά συστήματα παγκόσμιου κύρους, το Copernicus για υπηρεσίες γεωσκόπησης, τα προγράμματα EGNOS και Galileo για υπηρεσίες δορυφορικής πλοήγησης και γεωεντοπισμού. Με 18 δορυφόρους που βρίσκονται επί του παρόντος σε τροχιά και πάνω από 30 προγραμματισμένους δορυφόρους μέσα στα επόμενα 10-15 χρόνια, η ΕΕ είναι ο μεγαλύτερος θεσμικός πελάτης υπηρεσιών εκτόξευσης στην Ευρώπη.

Η διαστημική πολιτική της ΕΕ υλοποιείται με τρία εμβληματικά διαστημικά προγράμματα:

- Copernicus: το πιο προηγμένο σύστημα γεωσκόπησης στον κόσμο
- Galileo: το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης της Ευρώπης, το οποίο παρέχει εξαιρετικά ακριβή δεδομένα παγκόσμιου εντοπισμού θέσης
- EGNOS: σύστημα που παρέχει κρίσιμες για την ασφάλεια υπηρεσίες πλοήγησης σε χρήστες αεροπορικών, θαλάσσιων και χερσαίων μέσων σε ολόκληρη την Ευρώπη

Έχοντας δημιουργήσει διαστημικά συστήματα παγκόσμιας κλάσης τα οποία παράγουν ήδη αποτελέσματα, η ΕΕ επικεντρώνεται τώρα στην καλύτερη δυνατή χρήση των διαστημικών δεδομένων που συλλέγονται. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να φανούν χρήσιμα τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα.

Μεταξύ των πολλών οφελών που προσφέρουν, τα διαστημικά δεδομένα:

- καθοδηγούν ομάδες διάσωσης σε τοποθεσίες που πλήττονται από φυσικές καταστροφές
- βελτιώνουν τη χρήση της γης στη γεωργία
- κάνουν ασφαλέστερες τις μεταφορικές και ενεργειακές υποδομές

Η ΕΕ επενδύει περισσότερα από 12 δις. € σε διαστημικές δραστηριότητες για την περίοδο 2014-2020. Η απόδοση της επένδυσης κρίνεται υψηλή: άμεση απόδοση 3-4 € για κάθε διατιθέμενο ευρώ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΙΡΗΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ, **COPUOS**, COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE: Η Επιτροπή για τις Ειρηνικές Χρήσεις του Διαστήματος (COPUOS) ιδρύθηκε από τη Γενική Συνέλευση του ΟΗΕ για να εξετάζει τη συνεργασία των κρατών για την ειρηνική χρήση του διαστήματος, να οργανώσει προγράμματα στον τομέα αυτό που πραγματοποιούνται υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών, να ενθαρρύνει τη συνεχιζόμενη έρευνα και τη διάδοση πληροφοριών για θέματα διαστήματος, και να μελετάει νομικά προβλήματα που προκύπτουν από την εξερεύνηση του διαστήματος.

Η EUMETSAT είναι ένας διακυβερνητικός οργανισμός και ιδρύθηκε το 1986. Σκοπός της είναι να παρέχει δορυφορικά δεδομένα, εικόνες και προϊόντα που σχετίζονται με τον καιρό και το κλίμα - 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο - στις Εθνικές Μετεωρολογικές Υπηρεσίες των κρατών μελών της στην Ευρώπη, και άλλους χρήστες παγκοσμίως. Η EUMETSAT λειτουργεί ένα σύστημα μετεωρολογικών δορυφόρων που παρατηρούν την ατμόσφαιρα και τις επιφάνειες των ωκεανών και της ξηράς - 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο. Αυτά τα δεδομένα παρέχονται στις Εθνικές Μετεωρολογικές Υπηρεσίες των Μελών του Οργανισμού και των Συνεργαζόμενων Κρατών στην Ευρώπη, καθώς και σε άλλους χρήστες παγκοσμίως. Η υπηρεσία που παρέχεται από το EUMETSAT συμβάλλει στη βελτίωση και τη διαφύλαξη της καθημερινής ζωής των ευρωπαίων πολιτών. Βοηθούν τους μετεωρολόγους στον εντοπισμό και την παρακολούθηση της εξέλιξης δυνητικά επικίνδυνων καιρικών καταστάσεων και στην

έκδοση έγκαιρων προβλέψεων και προειδοποιήσεων στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και στις τοπικές αρχές, συμβάλλοντας στον μετριασμό των επιπτώσεων του καιρού και στην προστασία της ανθρώπινης ζωής και περιουσίας. Αυτές οι πληροφορίες είναι επίσης κρίσιμες για την ασφάλεια των αεροπορικών ταξιδιών, της ναυτιλίας και της οδικής κυκλοφορίας, καθώς και για την καθημερινή δραστηριότητα της γεωργίας, των κατασκευών και πολλών άλλων βιομηχανιών. Η EUMETSAT λειτουργεί έναν στόλο δορυφόρων σε γεωστατική και πολική τροχιά, οι οποίοι παρέχουν ένα ευρύ φάσμα δεδομένων παρατήρησης της Γης για παρακολούθηση του καιρού, του κλίματος και του περιβάλλοντος. Σε γεωστατική τροχιά 36.000 χλμ., πάνω από τον ισημερινό, οι δορυφόροι της EUMETSAT περιστρέφονται γύρω από τη Γη με την ίδια ταχύτητα που περιστρέφεται η Γη, παρατηρώντας έτσι συστηματικά το ίδιο τμήμα της Γης (ο λεγόμενος Γήινος δίσκος) κάτω από την ίδια γεωμετρία. Αυτό επιτρέπει να φωτογραφίζονται εικόνες της Γης σε πολύ υψηλή συχνότητα, με τη σειρά μερικών λεπτών. Οι δορυφόροι Meteosat -9, -10 και -11 βρίσκονται σε γεωστατική τροχιά πάνω από την Ευρώπη και την Αφρική, ενώ ο Meteosat-8 λειτουργεί πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό. Ο Meteosat-10 είναι ο πρωταρχικός λειτουργικός γεωστατικός δορυφόρος, τοποθετημένος σε κλίση 0 μοιρών και παρέχει πλήρη εικόνα της Γης κάθε 15 λεπτά. Ο Meteosat-9 παρέχει την υπηρεσία ταχείας σάρωσης, παρέχοντας συχνότερες εικόνες κάθε πέντε λεπτά σε μέρη της Ευρώπης, της Αφρικής και των παρακείμενων θαλασσών. Οι δορυφόροι Meteor πετούν σε χαμηλότερη πολική τροχιά, σε υψόμετρο 817 χιλιομέτρων, και παρέχουν πιο λεπτομερείς παρατηρήσεις της παγκόσμιας ατμόσφαιρας, των ωκεανών και των ηπείρων. Ο Meteor-A, ο πρώτος ευρωπαϊκός δορυφορικός μετεωρολογικός δορυφόρος σε τροχιά, ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 2006 και παραδίδει επιχειρησιακά δεδομένα από τις 15 Μαΐου 2007. Το Meteor-B ξεκίνησε στις 17 Σεπτεμβρίου 2012 και είναι ο κύριος επιχειρησιακός δορυφόρος από τις 24 Απριλίου 2013 Το Meteor-A θα συνεχίσει να λειτουργεί για όσο διάστημα οι διαθέσιμες δυνατότητές του αποφέρουν οφέλη στους χρήστες.

Ελληνικό Κέντρο Διαστήματος: Οι σκοποί του ΕΛ.ΚΕ.Δ. είναι οι ακόλουθοι: Η διαμόρφωση πρότασης για τη στρατηγική στον τομέα του διαστήματος και η εκπόνηση κυλιόμενου-δυναμικού σχεδίου δράσης της διαστημικής στρατηγικής σε συνεργασία με την πανεπιστημιακή και ερευνητική κοινότητα, τον Δημόσιο και τον Ιδιωτικό Τομέα που προσδιορίζει στόχους, τομείς συνεργασίας και διαδικασίες για την επίτευξη των στόχων. Η συνεργασία, ο συντονισμός, η υποστήριξη και η κινητοποίηση φορέων, υπηρεσιών και νομικών προσώπων του Δημοσίου και του Ιδιωτικού Τομέα για την προώθηση, διάχυση και αξιοποίηση της διαστημικής στρατηγικής της Ελλάδας, καθώς και η συμμετοχή σε ευρωπαϊκούς και διεθνείς οργανισμούς και ομάδες που δραστηριοποιούνται σε διαστημικά θέματα και προγράμματα. Η προώθηση και συμμετοχή ως συντονιστής δημόσιων φορέων σε έργα και προγράμματα, καθώς και η διαχείριση εθνικών προγραμμάτων και έργων σε τομείς του Διαστήματος, όπως η επιστημονική έρευνα, η τεχνολογία, οι τηλεπικοινωνίες, η ασφάλεια, η οικονομία, το περιβάλλον, η αγροτική ανάπτυξη, οι μεταφορές, η ηλεκτρονική διακυβέρνηση και το εμπόριο. Η συμμετοχή σε ευρωπαϊκούς και διεθνείς οργανισμούς, πρωτοβουλίες, φόρουμ και δραστηριότητες για θέματα Διαστήματος, ο συντονισμός των εθνικών εκπροσώπων στον τομέα του Διαστήματος, η ανάπτυξη ευρωπαϊκών και διεθνών συνεργασιών, η ανταλλαγή και σύνθεση γνώσεων, καινοτομίας και δράσεων προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ανταποδοτική συμμετοχή της χώρας στους ευρωπαϊκούς και διεθνείς οργανισμούς Διαστήματος, σε ευρωπαϊκά ή διεθνή διαστημικά προγράμματα, καθώς και η συμμετοχή στη σχεδίαση προγραμμάτων για την εξυπηρέτηση εθνικών, επιστημονικών, επιχειρησιακών και αναπτυξιακών αναγκών στις οποίες το Διάστημα έχει πρωταρχικό ρόλο. Η συμβολή στην ανάπτυξη και ενίσχυση της τεχνολογίας και των διαστημικών εφαρμογών, υπηρεσιών και επίγειων υποδομών προς όφελος της εγχώριας βιομηχανίας και έρευνας, καθώς και η υποστήριξη στο σχεδιασμό δορυφόρων, δορυφορικών συστημάτων, υλικών και εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων τηλεπισκόπησης, μέσω και της αξιοποίησης της συμμετοχής της χώρας στους διεθνείς και ευρωπαϊκούς οργανισμούς και προγράμματα, καθώς και στις πάσης φύσεως επιστροφές που δικαιούται η χώρα. Η συνεργασία με αρμόδιους φορείς και υπηρεσίες για τη συνεχή επιμόρφωση των φοιτητών, των νέων ερευνητών και των δημόσιων

λειτουργιών σε θέματα Διαστήματος, καθώς και η σχεδίαση και η συμμετοχή στην υλοποίηση δράσεων για την κατανόηση των διαστημικών δραστηριοτήτων και εφαρμογών. Η προώθηση θεμάτων τυποποίησης και η μεταφορά τεχνογνωσίας και καλών πρακτικών στον τομέα των διαστημικών εφαρμογών και υπηρεσιών. Η πειραματική ή εμπορική αξιοποίηση των δικαιωμάτων του Δημοσίου σε δορυφορικά και διαστημικά αντικείμενα, καθώς και η αξιοποίηση των συναφών υπηρεσιών, πόρων και περιουσιακών στοιχείων, κινητών και ακινήτων, κατόπιν σχετικής εκχωρήσεως ή άδειας του Υπουργού Ψηφιακής Διακυβέρνησης. Η παροχή συνδρομής προς το Δημόσιο αναφορικά με δορυφορικά και διαστημικά θέματα, καθώς και η παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών και η εκπόνηση μελετών προς το Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης αναφορικά με τη διαχείριση των δικαιωμάτων και των υποχρεώσεων του Δημοσίου στο Διάστημα, την καταχώριση και αξιολόγηση διαστημικών αντικειμένων, καθώς και την ανάπτυξη δορυφορικών συστημάτων.

1.3 Πολιτική του Διαστήματος

Το Διάστημα αποτέλεσε αρχικά, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια του ψυχρού πολέμου στις δεκαετίες 1950-1980, μία αρένα προβολής ισχύος (η προβολής σημαίας), τεχνολογικών ικανοτήτων και πολιτικής ισχύος. Η διπλή χρήση του διαστήματος από την άλλη μεριά, όπου η ανάπτυξη διαστημικών φορέων σήμαινε την δυνατότητα τοποθέτησης, μεταφοράς και κατεύθυνσης στρατιωτικών φορτίων/κεφαλών από τον χρήστη οπουδήποτε στον πλανήτη μας σε χρόνο 5-10 λεπτών από την στιγμή της εκτόξευσης, αλλά και η δυνατότητα παρατήρησης της Γης (εικόνες) από τροχιές που δεν ήταν δυνατό να καταρριφθούν δορυφόροι (εξαιτίας της συμφωνίας του ΟΗΕ για την ειρηνική χρήση του Διαστήματος) αποτέλεσε αλλά και αποτελεί κύριο λόγο για αναπτυσσόμενα ή ανεπτυγμένα κράτη να αναπτύσσουν διαστημικές τεχνολογίες. Στην σημερινή εποχή, η πιο άμεση και βατή πρόσβαση σε υψηλές και νέες τεχνολογίες έχει βοηθήσει να δημιουργηθούν νέες διαστημικές εφαρμογές όπως η πλοήγηση, η γεωργία ακριβείας, η τηλεπαρατήρηση με διακριτική ικανότητα μικρότερη του ενός μέτρου, οι τηλεπικοινωνίες σε συνδυασμό με την παροχή ευρυζωνικού διαδικτύου από σμήνη δορυφόρων σε χαμηλή αλλά και γεωστατική τροχιά με μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον, με προβλέψεις να δείχνουν ότι το 2040 η αγορά του διαστήματος θα φτάσει στο €1 ΤΡΙΣ, πράγμα που σαφώς επηρεάζει την σχεδίαση διαστημικής πολιτικής.

Η Ευρώπη, έχει διαμορφώσει ξεκάθαρη πολιτική για το Διάστημα η οποία βασίζεται στην χρήση του Διαστήματος για την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών της αλλά και για την προστασία της ασφάλειας του πολίτη, του περιβάλλοντος και για την δημιουργία αναπτυξιακών πολιτικών και θέσεων εργασίας. Τα διαστημικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης διευκολύνουν τις καθημερινές δραστηριότητες των ευρωπαίων πολιτών στη Γη. Οι δορυφόροι που θέτει σε τροχιά η ΕΕ επιτρέπουν σε εκατομμύρια άτομα να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες, να ταξιδεύουν με χερσαία, θαλάσσια και αεροπορικά μέσα, καθώς και να αναπτύσσουν λύσεις που βελτιώνουν την κατάσταση του πλανήτη μας.

Η διαστημική πολιτική της ΕΕ:

- συμβάλλει στην τόνωση της απασχόλησης, της ανάπτυξης και των επενδύσεων στην Ευρώπη
- διευρύνει τα όρια της επιστήμης και της έρευνας
- εξυπηρετεί άλλες πολιτικές, όπως η ασφάλεια και η άμυνα, η βιομηχανία και ο ψηφιακός τομέας
- ενισχύει τον ρόλο της ΕΕ ως παγκόσμιου παράγοντα

Σύμφωνα με έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η ευρωπαϊκή διαστημική οικονομία, συμπεριλαμβανομένης της μεταποίησης και των υπηρεσιών, απασχολεί περισσότερους από 230 000 επαγγελματίες. Το 2014, η αξία της εκτιμήθηκε σε περίπου **50 δισ. €**, ποσό που αντιστοιχεί στο ένα πέμπτο της αξίας του παγκόσμιου διαστημικού τομέα.

Το μέλλον της διαστημικής πολιτικής για το 2021-2027: Το συνολικό διεθνές διαστημικό πλαίσιο μεταβάλλεται ραγδαία. Ο ανταγωνισμός εντείνεται και οι διαστημικές δραστηριότητες γίνονται όλο και πιο εμπορικές, με μεγαλύτερη συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα. Το κόστος μειώνεται χάρη σε σημαντικές

τεχνολογικές αλλαγές, που ανατρέπουν τα παραδοσιακά μοντέλα του τομέα. Ο συνδυασμός διαστημικών δεδομένων και ψηφιακών τεχνολογιών δημιουργεί επίσης σημαντικές ευκαιρίες, γεγονός που με τη σειρά του μπορεί να προσφέρει πολλές επιχειρηματικές δυνατότητες σε όλες τις χώρες της ΕΕ. Στο πλαίσιο αυτό, τον Οκτώβριο του 2016 εγκαινιάστηκε μια διαστημική στρατηγική για την Ευρώπη.

Οι στόχοι της στρατηγικής είναι:

- να αποφέρει απτά οφέλη στους πολίτες και τις επιχειρήσεις της Ευρώπης
- να καλλιεργήσει έναν ανταγωνιστικό και καινοτόμο ευρωπαϊκό διαστημικό τομέα
- να βελτιώσει τη στρατηγική αυτονομία της ΕΕ
- να ενισχύσει την ηγετική θέση της ΕΕ στην παγκόσμια σκηνή

Συγκεκριμένα η Ε.Ε. έχει αποφασίσει να επιταχύνει τα σχέδια της για το διάστημα. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη των δορυφόρων Galileo επιταχύνθηκε κατά τρία έτη, στα τέλη του 2024 αντί για το 2027, ενώ για πρώτη φορά θα υπάρξει προϋπολογισμός για υποστήριξη επαναχρησιμοποιούμενων πυραύλων και άλλων νέων τεχνολογιών σχετικές με την εκτόξευση, με σκοπό η Ευρώπη να ανταγωνισθεί την ηγετική θέση της SpaceX (ΗΠΑ). Θα προταθεί επίσης κεφάλαιο 1 δισεκατομμυρίου ευρώ για χρηματοδότηση διαγωνισμών που θα συμμετέχουν startup εταιρίες, ενώ θα δοθεί άλλο 1 δισεκατομμύριο ευρώ στην Arianespace για την καλλιέργεια καινοτομιών στον τομέα των διαστημικών εκτοξευτών. Τέλος, υπάρχουν σχέδια για ένα πανευρωπαϊκό δορυφορικό δίκτυο ίντερνετ ευρείας χρήσης, καθώς και για ένα σύστημα αποφυγής συγκρούσεων δορυφόρων με άλλα αντικείμενα σε τροχιά. Σημειώνεται, πως τις τελευταίες δεκαετίες η Ευρώπη έχει κάνει μεγάλα βήματα για την ανεξαρτητοποίησή της από τις ΗΠΑ και τη Ρωσία στο χώρο του διαστήματος. «Το διάστημα είναι ένα από τα δυνατά σημεία της Ευρώπης και δίνουμε στον εαυτό μας τα μέσα για να επιταχύνουμε. Η SpaceX έχει θέσει νέα standards για τις εκτοξεύσεις, οπότε το Ariane 6 είναι ένα απαραίτητο βήμα, αλλά όχι ο απόλυτος στόχος. Πρέπει να ξεκινήσουμε να σκεφτόμαστε τον Ariane 7» ανέφερε ο Μπρετόν, Ευρωπαίος επίτροπος υπεύθυνος για το Διάστημα. Ο Ariane 6 είναι ένας εκτοξευτής πυραύλων που αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος, που θα ρίξει το κόστος εκτόξευσης σημαντικά και έχει στόχο να ανταγωνισθεί τον Falcon 9 της SpaceX που σήμερα έχει μεγάλη εμπορική που απώλεσε η Ευρώπη ύστερα από 2 δεκαετίες με τους Ariane 4 και 5. Η πρώτη του πτήση είχε προγραμματιστεί για το 2020, αλλά δεν έχει ακόμη πραγματοποιηθεί.

1.4 Εξερεύνηση του Διαστήματος – Η Αρχή

Η εξερεύνηση του διαστήματος είναι η φυσική εξερεύνηση των ουράνιων σωμάτων, του διαστημικού χώρου και γενικά οτιδήποτε περιλαμβάνει τις τεχνολογίες, την επιστήμη, και την πολιτική σχετικά με τις διαστημικές προσπάθειες.

Στις 4 Οκτωβρίου 1957 δόθηκε μεγάλη ώθηση στον συγκεκριμένο τομέα, με την εκτόξευση του Σπούτνικ 1, του πρώτου ανθρώπινου κατασκευάσματος που μπήκε σε τροχιά, η οποία έδωσε το έναυσμα για τον διαστημικό αγώνα μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και της Σοβιετικής Ένωσης. Δύο άλλα διάσημα επιτεύγματα της πρώιμης αυτής περιόδου ήταν ο πρώτος άνθρωπος στο διάστημα, ο Γιούρι Γκαγκάριν με το Βοστόκ 1 στις 12 Απριλίου 1961 (πάλι από την ΕΣΣΔ), και οι πρώτοι άνθρωποι στο φεγγάρι, οι Νηλ Άρμστρονγκ και Μπαζ Όλντριν με το Απόλλων 11 μαζί με τον Μάικλ Κόλλινς (από τις ΗΠΑ). Μετά από 30 έτη ανταγωνισμού, η εστίαση των προσπαθειών άρχισε να μετατοπίζεται από τις μεμονωμένες πτήσεις στο ανανεώσιμο υλικό (όπως το αμερικανικό διαστημικό λεωφορείο και το αντίστοιχο σοβιετικό Μπουράν) και από τον ανταγωνισμό στη συνεργασία, όπως στον διεθνή διαστημικό σταθμό.

Φθάνοντας στο διάστημα: Ο συνήθης ορισμός για το διάστημα είναι ότι αυτό αρχίζει στα 100 χιλιόμετρα (62 μίλια) επάνω από τη γήινη επιφάνεια. Οι Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιούν μερικές φορές ως όριο τα 80 χιλιόμετρα (50 μίλια). Οι διαστημικές πτήσεις διακρίνονται σε υποτροχιακές και τροχιακές. Όσον αφορά στις υποτροχιακές πτήσεις, στις 3 Οκτωβρίου 1942, με τον γερμανικό πύραυλο A-4 (ένα

πρωτότυπο για τον πύραυλο V-2 που χρησιμοποιήθηκε ως βόμβα εναντίον του Λονδίνου από τη Ναζιστική Γερμανία), έγινε η πρώτη επιτυχής εκτόξευση ενός αντικειμένου στο διάστημα. Οι πρώτοι οργανισμοί που προωθήθηκαν στο διάστημα ήταν μύγες φρούτων και σπόροι καλαμποκιού σε έναν γερμανικό πύραυλο V-2, που εκτοξεύθηκε τον Ιούλιο του 1946 από τις ΗΠΑ. τα ρωσικά διαστημικά οχήματα πέτυχαν ιδιαίτερα μεγάλα ύψη χωρίς να μπουκνέ σε τροχιά. Ο αρχικός προγραμματισμός της αποστολής Απόλλων περιελάμβανε επίσης μια άμεση προσέγγιση στο φεγγάρι, η οποία όμως εγκαταλείφθηκε αργότερα. Πολλά τηλεκατευθυνόμενα διαστημικά οχήματα, με προορισμό τους εξωτερικούς πλανήτες, χρησιμοποιούν την άμεση προσέγγιση και δεν μπαίνουν σε τροχιά γύρω από τη Γη πριν αναχωρήσουν.

Επειδή οι υποτροχιακές πτήσεις είναι εξ ορισμού σύντομες (λιγότερο από 1,7 ώρες), μία πιο μακροχρόνια αποστολή απαιτεί τροχιακή πτήση (με ελλειπτική ή κυκλική τροχιά), ή υπερτροχιακή πτήση (με παραβολική ή υπερβολική τροχιά). Επίσης, η τροχιακή πτήση απαιτεί πολύ υψηλότερες ταχύτητες από την υπερτροχιακή, μετατρέποντας την επίτευξή της σε τεχνολογική πρόκληση. Γι' αυτό οι τροχιακές πτήσεις είναι άκρως ουσιαστικές για τη διαστημική εξερεύνηση.

Οι πρώτες τροχιακές πτήσεις: Η πρώτη επιτυχής τροχιακή εκτόξευση ήταν η αποστολή του σοβιετικού τηλεκατευθυνόμενου δορυφόρου Σπούτνικ 1, στις 4 Οκτωβρίου 1957. Ο δορυφόρος ζύγιζε περίπου 83 κιλά. Είχε δύο ραδιοσυσκευές αποστολής σημάτων (20 και 40 MHz), σήματα τα οποία μπορούσαν να ακουστούν από κάθε ραδιόφωνο σε όλη την υδρόγειο και είχε μπει σε τροχιά σε ένα ύψος περίπου 250 χμ (150 μίλια). Η ανάλυση των ραδιοσημάτων χρησιμοποιήθηκε για να συγκεντρώσει τις πληροφορίες για την πυκνότητα των ηλεκτρονίων της ιονόσφαιρας. Η θερμοκρασία και η πίεση κωδικοποιήθηκαν στη συχνότητα των ραδιοηχητικών σημάτων. Ο Σπούτνικ 1 εκτοξεύθηκε από έναν πύραυλο R-7. Αποτεφρώθηκε κατά την επανείσοδό του στην ατμόσφαιρα, στις 4 Ιανουαρίου 1958.

Αυτή η επιτυχία οδήγησε σε μια κλιμάκωση του αμερικανικού διαστημικού προγράμματος που είχε μια ανεπιτυχή τροχιακή εκτόξευση 2 μήνες αργότερα και την πρώτη επιτυχή τροχιακή έναρξή του 4 μήνες μετά από τον Σπούτνικ. Στο μεταξύ, ένας σοβιετικός σκύλος, η Λάικα, έγινε το πρώτο ζώο σε τροχιά στις 3 Νοεμβρίου 1957 (το ζώο πέθανε πέντε με επτά ώρες μετά την έναρξη της πτήσης, μέσα στον Σπούτνικ 2 από υπερθέρμανση).

Ο πρώτος άνθρωπος στο διάστημα: Η πρώτη επανδρωμένη πτήση στο διάστημα έγινε με το Βοστόκ 1, φέρνοντας τον 27χρονο κοσμοναύτη Γιούρι Γκαγκάριν, κατά την ιστορική ημερομηνία της 12ης Απριλίου 1961, σε τροχιά γύρω από την υδρόγειο. Αυτή η ημερομηνία γιορτάζεται ως "Ημέρα του Κοσμοναύτη" στη Ρωσία ή ως "Νύχτα του Γιούρι" παγκοσμίως.

Η πτήση του Γκαγκάριν αντήχησε σε όλη την υδρόγειο όχι μόνο επειδή παρουσίαζε την ανωτερότητα του σοβιετικού διαστημικού προγράμματος, αλλά επειδή άνοιγε εξ ολοκλήρου μια νέα εποχή στη διαστημική εξερεύνηση και στις επανδρωμένες διαστημικές πτήσεις. Οι ΗΠΑ θα εκτόξευαν τον πρώτο πολίτη τους στο διάστημα μέσα σε έναν μήνα από την πτήση Γκαγκάριν. Εντούτοις, θα χρειαζόταν στις ΗΠΑ σχεδόν ένα πλήρες έτος για να τοποθετήσουν έναν άνθρωπο σε τροχιά.

Οι άνθρωποι-κλειδιά στην πρώιμη διαστημική εξερεύνηση: Το όνειρο του να βγούμε έξω από τη γήινη ατμόσφαιρα βασίστηκε στην εξέλιξη της τεχνολογίας πυραύλων. Ο γερμανικός V-2 ήταν ο πρώτος πύραυλος που ταξίδεψε στο διάστημα, και που υπερνίκησε προβλήματα ώθησης και αστοχίας υλικών. Κατά τη διάρκεια των τελικών ημερών του Β' Παγκόσμιου Πολέμου αυτή η τεχνολογία κλάπηκε και από τους Αμερικανούς και από τους Σοβιετικούς. Η αρχική κατευθυντήρια δύναμη ήταν ένας αγώνας εξοπλισμών για τα διηπειρωτικά βαλλιστικά βλήματα (ICBM), ως μεγάλης ακτίνας φορείς πυρηνικών όπλων, αλλά το 1961, όταν δηλώθηκε πως η ΕΣΣΔ έστειλε τον πρώτο άνθρωπο στο διάστημα, οι ΗΠΑ δήλωσαν πως εμπλέκονται σε διαστημικό αγώνα με τη Ρωσία.

Οι Κωνσταντίν Τσιολκόφσκι, Ρόμπερτ Γκόντφραντ, Χέρμαν Όμπερτ και Ράινχολντ Τίλινγκ εργάστηκαν τα πρώτα έτη του 20ού αιώνα πάνω στην τεχνολογία των πυραύλων. Ο Βέρνερ φον Μπράουν ήταν αρχιμηχανικός κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο στο πυραυλικό πρόγραμμα της ναζιστικής Γερμανίας, υπεύθυνος μεταξύ άλλων και για την ανάπτυξη των πυραύλων V-2. Μετά από τον πόλεμο (μαζί με πολλούς άλλους γερμανούς πυραυλικούς επιστήμονες αλλά και δείγματα πυραύλων) μεταφέρθηκε κρυφά στις ΗΠΑ για να εργαστεί στο αμερικανικό διαστημικό πρόγραμμα. Πήρε την αμερικανική υπηκοότητα και οδήγησε την ομάδα στη δημιουργία του Εξερευνητή Ι (Explorer I), του πρώτου αμερικανικού δορυφόρου τροχιάς. Ο φον Μπράουν διηύθυνε την ομάδα της NASA στο Κέντρο Διαστημικής Πτήσης, όπου ανέπτυξε τον Saturn V («Κρόνο V»), τον πύραυλο φορέα για την αποστολή στο φεγγάρι. Ο αγώνας για το διάστημα οδηγήθηκε συχνά από τον Ρώσο Σεργκέι Κορολιόβ, του οποίου η κληρονομιά περιλαμβάνει τον πύραυλο R7 και το διαστημόπλοιο Σογιούζ, τα οποία αποτέλεσαν τη βάση του ρώσικου διαστημικού προγράμματος μέχρι και τις αρχές του 21-ου αιώνα. Ο Κορολιόβ ήταν ο εγκέφαλος πίσω από τον πρώτο δορυφόρο, τον πρώτο άνδρα (και την πρώτη γυναίκα) σε τροχιά και τον πρώτο διαστημικό περίπατο. Μέχρι το θάνατό του η ταυτότητά του ήταν πολύ καλά φρουρούμενο κρατικό μυστικό.

Άλλοι άνθρωποι-κλειδιά: Ο Βαλεντίν Γκλούσκο ήταν αρχισχεδιαστής διαστημοπλοίων και πυραύλων για την ΕΣΣΔ. Ο Γκλούσκο σχεδίασε τις μηχανές των πρώτων σοβιετικών πυραύλων. Ο Βασίλι Μίσιν, ήταν προϊστάμενος σχεδιαστής που δούλευε κάτω από την επίβλεψη του Σεργκέι Κορολιέβ και ένας από τους πρώτους Σοβιετικούς που επιθεώρησε τις γερμανικές εγκαταστάσεις του προγράμματος V-2. Μετά από το θάνατο του Σεργκέι Κορολιέβ, ο Μίσιν θεωρήθηκε υπεύθυνος για τη σοβιετική αποτυχία να είναι η ΕΣΣΔ η πρώτη χώρα που θα έστελνε ένα άτομο στο φεγγάρι. Ο Ρόμπερτ Γκίλρουθ, ήταν προϊστάμενος της NASA στην Ομάδα Εργασίας Διαστήματος (Space Task Group) και διευθυντής του Κέντρου Επανδρωμένων Πτήσεων (Manned Flight Center, σήμερα Johnson Space Center) σε 25 επανδρωμένες διαστημικές πτήσεις. Ο Γκίλρουθ ήταν το πρόσωπο που πρότεινε στον πρόεδρο Κέννεντυ να επιχειρήσουν οι Αμερικανοί το τολμηρό εγχείρημα της προσελήνωσης σε μια προσπάθεια να αφαιρεθεί η διαστημική ανωτερότητα από τους Σοβιετικούς. Ο Κρίστοφερ Κ. Κράφτ, , ήταν ο πρώτος διευθυντής πτήσης της NASA και επιτήρησε την ανάπτυξη του συστήματος ελέγχου αποστολής (mission control). Την περίοδο του προγράμματος Απόλλων, παραιτήθηκε από διευθυντής πτήσεων και επικεντρώθηκε στην διαχείριση και σχεδιασμό των αποστολών.

1.5 Σημαντικότερες Διαστημικές Αποστολές

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζουμε τις κυριότερες Διαστημικές αποστολές από την αρχή της εποχής του Διαστήματος μέχρι και τις τελευταίες εξελίξεις στο χώρο.

1957: Εκτόξευση του Sputnik 1

Ο Sputnik ήταν ο πρώτος τεχνητός δορυφόρος στην ιστορία της ανθρωπότητας. Εκτοξεύτηκε στις 4 Οκτωβρίου 1957 και αποτέλεσε το έναυσμα για την εξερεύνηση του διαστήματος. Ήταν ο πρώτος μιας σειράς δέκα δορυφόρων με το ίδιο όνομα. Ο δορυφόρος αυτός ουσιαστικά ήταν ένα μεταλλικό σώμα σφαιρικού σχήματος διαμέτρου 58 εκατοστών και κατασκευασμένο από αλουμίνιο με βάρος 83 κιλά περίπου. Ο Sputnik ήταν η απαρχή για το συναγωνισμό ανάμεσα σε ΗΠΑ και Σοβιετική Ένωση για την κυριαρχία στο χώρο της εξερεύνησης του διαστήματος.



Σχήμα 12: Εικόνα του Sputnik-1

1961: Gagarin: ο πρώτος άνθρωπος στο διάστημα

Ο εικοσιεπτάχρονος τότε Yuri Gagarin έγινε ο πρώτος άνθρωπος που ταξίδεψε στο διάστημα και μπήκε σε τροχιά γύρω από τη Γη, στις 12 Απριλίου του 1961. Μέσα στο Vostok 1 κατάφερε να ταξιδέψει με ταχύτητα 27396 χιλιομέτρων ανά ώρα. Μετά από 67 λεπτά σε τροχιά, άρχισε η επιβράδυνση του σκάφους του και άρχισε την επανείσοδο του στην ατμόσφαιρα της Γης. Στα 7 χιλιόμετρα ύψος από το έδαφος ο Gagarin χρησιμοποίησε το εκτινασόμενο κάθισμα του σκάφους του και προσγειώθηκε μετά από ελεύθερη πτώση με το αλεξίπτωτό του. Η συνολική διάρκεια της αποστολής του, από την ώρα της εκτόξευσης μέχρι και την ώρα της προσγείωσης ήταν 108 λεπτά. Το επίτευγμα του Gagarin είχε γίνει παγκόσμια γνωστό.



Σχήμα 13: Πρωτοσέλιδο εφημερίδας του 1961, Η κάψουλα με την οποία είχε ταξιδέψει ο Gagarin

1964: Mariner 4, οι πρώτες φωτογραφίες από τον Άρη

Ο Mariner 4 ήταν το πρώτο διαστημικό σκάφος στη ιστορία της ανθρωπότητας που κατάφερε να πάρει εικόνες από τη επιφάνεια του πλανήτη Άρη. Μετά από 7,5 μήνες πτήση κατάφερε να προσεγγίσει τον Άρη στις 15 Ιουλίου 1965. Η μικρότερη απόσταση από την επιφάνεια του Άρη, στην οποία κατάφερε να φτάσει το σκάφος ήταν 9846 χιλιόμετρα. Στις 21 Δεκεμβρίου 1967 και μετά από πολλές συγκρούσεις με

μικρούς μετεωρίτες αλλά και πολλές ελλείψεις στα συστήματά του, η επικοινωνία με τη Γη, διακόπηκε οριστικά.



Σχήμα 14: Φωτογραφία του Άρη από τον Mariner 4, το Διαστημικό Σκάφος Mariner 4, θέσεις του Mariner 4 γύρω από τον Άρη

21 Ιουλίου 1969: Ο άνθρωπος στη σελήνη

Η αποστολή Apollo 11 ήταν μέρος της προσπάθειας της NASA για προσεδάφιση ανθρώπων στη σελήνη. Τελικά αυτό έγινε κατορθωτό στις 21 Ιουλίου του 1969 όταν ο Neil Armstrong έγινε ο πρώτος άνθρωπος που πάτησε στη Σελήνη. Κατά τη διάρκεια της προσσελήνωσης ο Armstrong είπε χαρακτηριστικά: « That's one small step for man, one giant leap for mankind », δηλαδή, «Ένα μικρό βήμα για έναν άνθρωπο, ένα γιγάντιο άλμα για την ανθρωπότητα», που είχε από πριν προετοιμάσει για την συγκεκριμένη στιγμή.



Σχήμα 15: Αποστολή Apollo 11

1971: Ο πρώτος διαστημικός σταθμός μπαίνει σε τροχιά

Ο Salyut 1 εκτοξεύτηκε στις 19 Απριλίου 1971. Ήταν ο πρώτος διαστημικός σταθμός που τέθηκε ποτέ σε τροχιά. Λόγω μια βλάβης στη θυρίδα εισόδου, το πρώτο του πλήρωμα που εκτοξεύτηκε με το Soyuz 10, με σκοπό να εισέλθει στο σταθμό, παρόλο που συνδέθηκε με αυτόν, απέτυχε. Το δεύτερο πλήρωμα εκτοξεύτηκε με το Soyuz 11, όμως βρήκε τον σταθμό σε κακή κατάσταση, λόγω πυρκαγιάς σε καλώδια, αλλά κατάφερε να προσαρμοστεί και να ζήσει σε αυτόν είκοσι τρεις μέρες. Δυστυχώς, λίγο πριν την επάνοδο του πληρώματος, μια από τις βαλβίδες του Soyuz άνοιξε στο διάστημα, όταν απορρίφθηκε το τροχιακό του τμήμα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, λόγω αποσυμπίεσης οι τρεις κοσμοναύτες να σκοτωθούν και να φτάσουν στη Γη νεκροί, στις 11 Οκτωβρίου του 1971.



Σχήμα 16 Διαστημικός Σταθμός Salyut 1, Κосμοναύτες Dobrovolski, Vokon, Patsayev

1976: Δύο διαστημικά οχήματα στον «κόκκινο πλανήτη»

Η πρώτη σημαντική εξερεύνηση του «κόκκινου πλανήτη» έγινε από δύο σκάφη τύπου Viking της NASA που προσεδάφιστηκαν στην επιφάνεια του, τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1976. Αποστολή τους ήταν να στείλουν φωτογραφίες από την επιφάνεια του, να μελετήσουν το κλίμα του και να εκτελέσουν μια σειρά από πειράματα για την ύπαρξη ή όχι ζωής στον πλανήτη.



Σχήμα 17: Διαστημικό Σκάφος Viking 1, Εικόνες από τον Viking 1 από τον Άρη

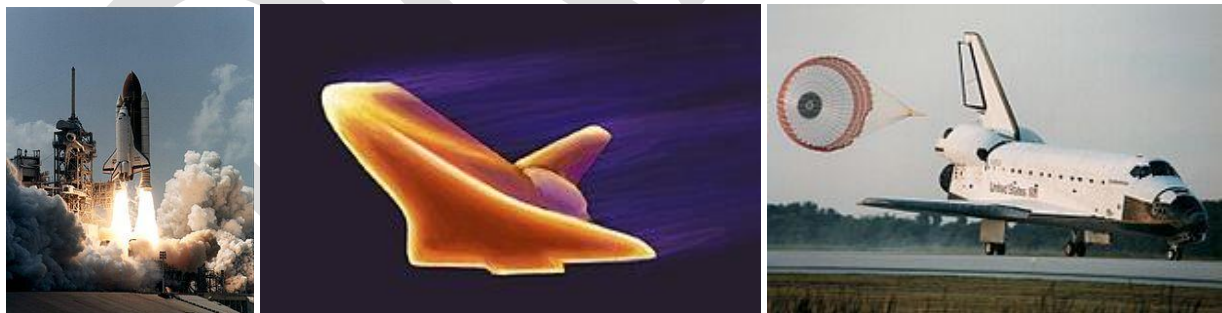
1979: Διαπλανητικό Σκάφη Voyager 1, 2

Το Voyager 1 είναι ένα μη επανδρωμένο διαπλανητικό διαστημόπλοιο που εκτοξεύτηκε 16 ημέρες μετά το Voyager 2, στις 5 Σεπτεμβρίου 1977. Η διαστημική του τροχιά ήταν έτσι προγραμματισμένη ώστε να πλησιάσει στον Ουρανό πολύ νωρίτερα από το δίδυμο Voyager 2. Στις 12 Σεπτεμβρίου 2013 η NASA ανακοίνωσε ότι το Voyager 1 είναι επισήμως το πρώτο ανθρώπινο κατασκεύασμα που φτάνει στο διαστρικό χώρο. Η είσοδος στο διαστρικό χώρο έγινε στις 25 Αυγούστου του 2012, όπως προέκυψε από την ανάλυση της πυκνότητας του πλάσματος. Τον Μάιο του 2019 το Voyager 1 απείχε από τη Γη περίπου 21,7 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα ή 145 AU όντας το πιο απομακρυσμένο από τη Γη αντικείμενο ανθρώπινης κατασκευής. Η αποστολή του Voyager 1 εκτιμάται πώς θα ολοκληρωθεί μέσα στο 2020 όταν πια η γεννήτρια ραδιοϊσοτόπων με την οποία είναι εξοπλισμένο δε θα μπορεί να παράξει αρκετή ενέργεια για να τροφοδοτήσει κανένα όργανό του.



Σχήμα 18: Τα διαπλανητικά διαστημόπλοια Voyager 1 και 2

Το Διαστημικό Λεωφορείο της NASA, που επίσημα λέγεται «Διαστημικό Σύστημα Μεταφορών» (Space Transportation System-STS), είναι ιστορικός φορέας εκτόξευσης πληρωμάτων και φορτίου των ΗΠΑ. Συνολικά, κατασκευάστηκαν πέντε διαστημικά λεωφορεία, απ'τα οποία τρία αποσύρθηκαν (Discover, Atlantis, Endeavour), δυο καταστράφηκαν σε ατυχήματα, το Challenger και το Columbia, το 1986 και 2003 αντίστοιχα. Το διαστημικό λεωφορείο εκτοξευόταν κάθετα, φέρνοντας συνήθως πέντε έως επτά αστροναύτες (αν και έχουν μεταφερθεί και οκτώ) και μέχρι περίπου 22.700 κιλά (50.000 λίβρες) ωφέλιμου φορτίου σε χαμηλή γήινη τροχιά. Όταν η αποστολή του τελείωνε, επέστρεφε μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα, πετούσε σαν ανεμοπλάνο και προσγειωνόταν οριζοντίως σε προκαθορισμένους διαδρόμους προσγείωσης. Το διαστημικό λεωφορείο ήταν το πρώτο τροχιακό διαστημικό σκάφος που σχεδιάστηκε με μερική ικανότητα επαναχρησιμοποίησης. Ήταν επίσης το πρώτο επανδρωμένο διαστημικό σκάφος με φτερά που έχει επιτύχει να εκτοξευθεί σε τροχιά και να προσγειωθεί. Μετέφερε μεγάλα ωφέλιμα φορτία σε διάφορες τροχιές, χρησίμευσε σαν πορθμείο για την μεταφορά πληρωμάτων προς και από το Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS), και εκτέλεσε αποστολές συντήρησης και επισκευών. Η πρώτη εκτόξευση έγινε στις 12 Απριλίου 1981 με το Columbia. Σύμφωνα με το «όραμα για τη διαστημική εξερεύνηση», το νέο πρόγραμμα της NASA για την επιστροφή στη Σελήνη και την εξερεύνηση του Άρη, η χρήση του διαστημικού λεωφορείου στράφηκε στην ολοκλήρωση της συναρμολόγησης του ISS ως το 2011, οπότε και τερματίστηκε.



Σχήμα 19: Το διαστημικό λεωφορείο Atlantis εκτοξεύεται ξεκινώντας την αποστολή STS-71, Στις εξωτερικές επιφάνειες του σκάφους αναπτύσσονται θερμοκρασίες έως και 1.500°C κατά τη διάρκεια της επανεισόδου. Το Εντέβορ στη φάση της προσγείωσης και ενώ έχει ανοίξει το αλεξίπτωτο

1990: Διαστημικό Τηλεσκόπιο 'Hubble'

Το Διαστημικό τηλεσκόπιο Χαμπλ (ΔΤΧ) (*Hubble Space Telescope, HST*) είναι τηλεσκόπιο με μάζα 11,25 τόνους, μήκους 13,2 μ. και διάμετρο 4,2 μέτρα που περιφέρεται σε ύψος 559 χλμ.. Τέθηκε σε τροχιά από το αμερικανικό Διαστημικό Λεωφορείο Discovery τον Απρίλιο του 1990 και έχει πάρει το όνομά του από τον Αμερικανό αστρονόμο Edwin Hubble. Από τότε έχει δεχτεί πέντε αποστολές επιδιόρθωσης στο

διάστημα, κάτι για το οποίο και είχε κατασκευαστεί. Η πρώτη ήταν καθοριστική διότι αποδείχτηκε ότι το οπτικό σύστημα ήταν ελαττωματικό και έστειλε θαμπές φωτογραφίες και έπρεπε επειγόντως να επιδιορθωθεί. Στο εσωτερικό του φέρει ένα κατοπτρικό τηλεσκόπιο τύπου Ritchey-Chrétien που λειτουργεί στην εγγύς υπέρυθη ακτινοβολία, στο οπτικό φως και την υπεριώδη ακτινοβολία. Η συμβολή του ΔΤΧ στην αστρονομία είναι τεράστια αφού βοήθησε στην επίλυση κάποιων από τα προβλήματα της αστρονομίας, δίδοντας δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε νέες θεωρίες για την επίλυση αυτών των προβλημάτων.



Σχήμα 20: Το ΔΤ Hubble σε τροχιά. Η εικόνα 'Eagle Nebula' από το ΔΤΧ. Το ΔΤΧ προσδεμένο στο Διαστημικό Λεωφορείο

1995: MIR longest space mission Polyakov

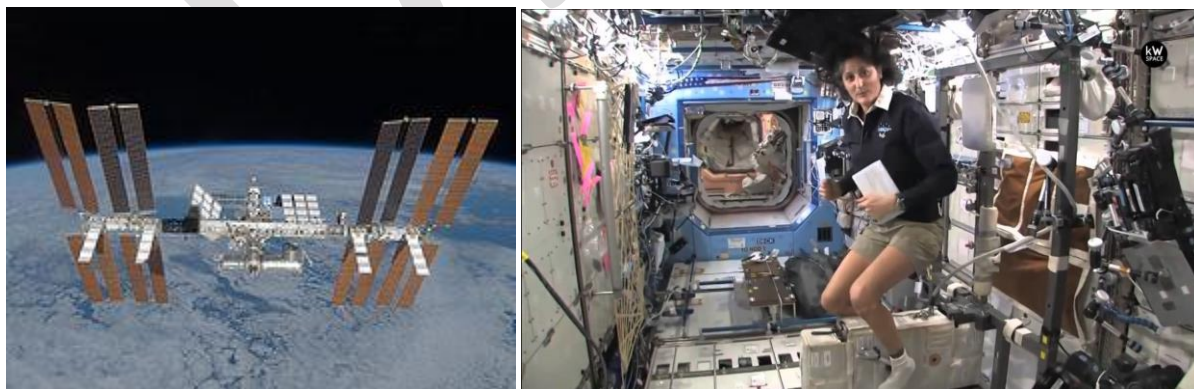
Ο MIR (σημαίνει *κόσμος* ή *ειρήνη* στα ρωσικά) ήταν σοβιετικός διαστημικός σταθμός. Τέθηκε σε τροχιά 400 χλμ στις 19 Φεβρουαρίου του 1986 και υπήρχε στο διάστημα μέχρι τις 23 Μαρτίου του 2001. Μετά τη διάλυση της ΕΣΣΔ, την διαχείριση και περαιτέρω ανάπτυξη του σταθμού ανέλαβε η Ρωσική Ομοσπονδία. Ο αστροναύτης Σεργκέι Κρικάλεφ έμεινε ολομόναχος ένα χρόνο στο Μιρ, καθώς μετά την πτώση της Σοβιετικής Ένωσης η χώρα του δεν μπορούσε να ... προσφέρει τα χρήματα για την επιστροφή του στη Γη! Ο Μιρ ήταν ο πρώτος διαστημικός σταθμός που αποτελούνταν από περισσότερα από ένα τμήματα και αποτελούσε το επόμενο εξελικτικό στάδιο μετά τους σταθμούς του προγράμματος Σαλιούτ. Χρησιμοποιήθηκε σαν τροχιακή πλατφόρμα για την διεξαγωγή πειραμάτων βιολογίας, φυσικής, αστρονομίας, μετεωρολογίας και φυσιολογίας. Επίσης, απετέλεσε πλατφόρμα μελέτης και ανάπτυξης μεθόδων και τεχνολογιών που είναι απαραίτητες για την διεξαγωγή επανδρωμένων διαστημικών αποστολών μακράς διάρκειας. Οι τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος Μιρ ήταν πολύ σημαντικές για την κατασκευή του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού. Συνολικά επισκέφθηκαν τον σταθμό πληρώματα από 12 διαφορετικές χώρες, με τη συντριπτική πλειοψηφία αυτών να προέρχεται από την ΕΣΣΔ και μετέπειτα από τη Ρωσική Ομοσπονδία. Επίσης συμμετείχαν αστροναύτες/κοσμοναύτες προερχόμενοι από τις χώρες του Συμφώνου της Βαρσοβίας και της Ευρώπης γενικότερα, τις ΗΠΑ και την Ιαπωνία. Ο αστροναύτης Βαλερί Πολιακόφ είναι ο άνθρωπος που έχει μείνει τις πιο πολλές συνεχόμενες μέρες στο διάστημα. Τη διετία 1994-1995 έμεινε στον Μιρ για 437 μέρες. Η καταστροφή του Μιρ έγινε στις 23 Μαρτίου 2001, όταν και μπήκε στην ατμόσφαιρα. Τα κομμάτια του έπεσαν κοντά στα νησιά Φίτζι στον Ειρηνικό ωκεανό. Ο 120 τόνων διαστημικός σταθμός καταστράφηκε μετά από 15 χρόνια, παρόλο που είχε κατασκευαστεί για να μείνει 5 με 6 χρόνια.



Σχήμα 21: MIR-Space Shuttle σε τροχιά. Ο κοσμοναύτης Onufrienko στον MIR. Ο κοσμοναύτης Polyakov στον MIR

1998: Διεθνής Διαστημικός Σταθμός 'ISS'

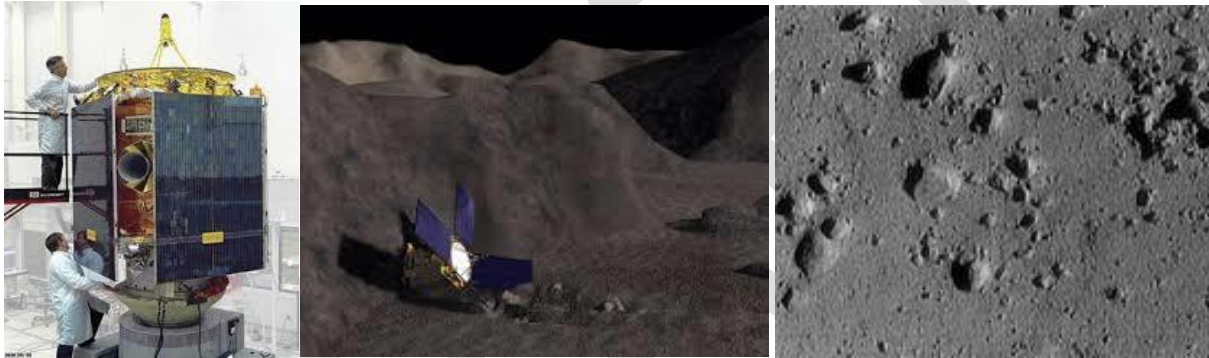
Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ΔΔΣ) είναι ένας ερευνητικός διαστημικός σταθμός σε τροχιά 400 χλμ γύρω από τη Γη. Η συναρμολόγησή του ξεκίνησε τον Νοέμβριο του 1998 ενώ το πρώτο του πλήρωμα εγκαταστάθηκε τον Νοεμβρίου του 2000. Ο ΔΔΣ αποτελεί κοινό πρόγραμμα μεταξύ των διαστημικών οργανισμών NASA των ΗΠΑ, Roscosmos (Ρωσίας), JAXA Ιαπωνίας, CSA (Καναδά) και ΕΟΔ (Ευρώπης). Ο ΔΔΣ αποτελείται από πολλαπλά διαμερίσματα (modules) που έχουν διαθέσει η NASA, Roscosmos, ESA, JAXA και αποτελεί την μεγαλύτερη και πιο πολύπλοκη κατασκευή που έχει θέσει η ανθρωπότητα σε τροχιά με όγκο 837 m³, μάζα 450 τόνους και διαστάσεις 51 μέτρα (μήκος) με 109 μέτρα (πλάτος). Ο ΔΔΣ κατοικείται συνεχώς από τότε που το πρώτο πλήρωμα μπήκε στον σταθμό στις 2 Νοεμβρίου 2000, παρέχοντας έτσι συνεχή ανθρώπινη παρουσία στο διάστημα. Ο ISS εξυπηρετείται κυρίως από τα ρωσικά διαστημόπλοια *Soyuz* και *Progress*, μέχρι το 2013 από τα αμερικανικά διαστημικά λεωφορεία, από το Ευρωπαϊκό μεταφορικό σκάφος ATV και τα τελευταία χρόνια (2012) από ιδιωτικά οχήματα της SpaceX (*Dragon*), *Cygnus* (Northrup Grumman) που κατασκευάστηκαν με χρηματοδότηση της NASA. Ο σταθμός πάντως έχει δεχτεί συνολικά 186 αστροναύτες από 15 χώρες. Ήταν επίσης ο προορισμός των επτά πρώτων τουριστών του διαστήματος. Ο ΔΔΣ χρησιμοποιείται ως ερευνητικό εργαστήριο μικροβαρύτητας και βιολογίας σε περιβάλλον έλλειψης βαρύτητας. Τα μέλη των πληρωμάτων του ΔΔΣ εκτελούν πειράματα στον τομέα της βιολογίας, της ανθρώπινης βιολογίας, της φυσικής, αστρονομίας, μετεωρολογίας, ιατρικής κ.α. Ο σταθμός είναι επίσης κατάλληλος για τον έλεγχο διαστημικών συστημάτων και εξοπλισμού που απαιτείται για μελλοντικές αποστολές στη Σελήνη και τον Άρη. Ο ΔΔΣ είναι αναμφισβήτητα η πιο δαπανηρή ανθρώπινη κατασκευή που κατασκευάστηκε ποτέ, με κόστος περί τα 120 δισεκατομμύρια ευρώ¹. Η ύπαρξη και η λειτουργία του είναι αποτέλεσμα μιας από τις πιο σημαντικές διεθνείς συνεργασίες στη σύγχρονη ιστορία.



Σχήμα 22: Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ΔΔΣ) – International Space Station

2000: NEAR Shoemaker

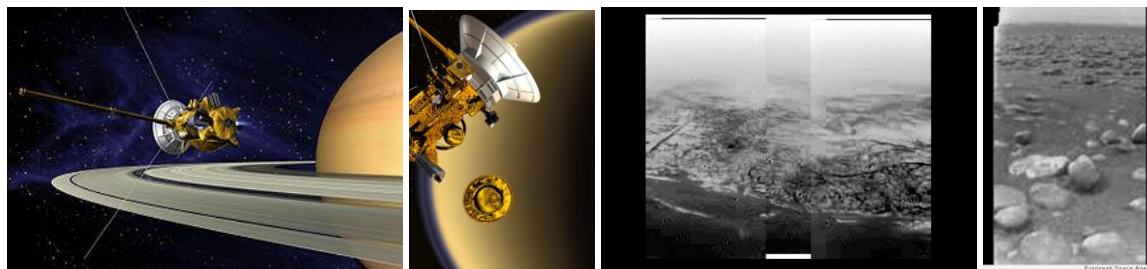
Η πρώτη αποστολή ειδικά για τη μελέτη αστεροειδών ήταν η αμερικανική NEAR-Shoemaker, που σχεδιάστηκε από το πανεπιστήμιο John Hopkins (JHU) και εκτοξεύτηκε το 1996 με επιστημονικό υπεύθυνο (principal investigator) τον Έλληνα αστροφυσικό καθ. Σ. Κριμιζή. Το 1997 φωτογράφησε τον αστεροειδή "Μαθίλδη" και το 2000 μπήκε σε τροχιά γύρω από τον αστεροειδή Έρωτα, στην επιφάνεια του οποίου έπεσε το 2001. Το διαστημόπλοιο NEAR Shoemaker εξερεύνησε τον αστεροειδή Έρωτα. Αυτή η συσκευή μπήκε σε τροχιά γύρω από αυτόν, τράβηξε φωτογραφίες της επιφάνειάς του και τις 21 Φεβρουαρίου 2001, στο τέλος της αποστολής του, προσεδάφιστηκε στην επιφάνεια του αστεροειδή χρησιμοποιώντας τους κινητήρες για τις μανούβρες. Το NEAR-Shoemaker προσεδάφιστηκε με επιτυχία και μια ώρα αργότερα το σήμα του εγκλωβίστηκε από τις κεραιές του Δικτύου Βαθέως Διαστήματος (Deep Space Network) της NASA. Στη συνέχεια συνέχισε σε διάφορες εδαφολογικές παρατηρήσεις, στέλνοντας τα δεδομένα στη Γη. Η αποστολή NEAR ήταν η πρώτη του προγράμματος Discovery της NASA που είχε στόχο την σχεδίαση και κατασκευή διαστημικών οχημάτων εξερεύνησης χρησιμοποιώντας καινοτόμες τεχνολογίες, σε λιγότερο από 3 χρόνια, με προϋπολογισμό λιγότερο των 150 εκατ. δολαρίων ΗΠΑ και ήταν η πρώτη και μοναδική αποστολή όπου ο κατασκευαστής παρέδωσε το διαστημικό όχημα με πλεόνασμα χρημάτων (38 εκατ. δολ. ΗΠΑ) τα οποία και επεστράφησαν στην NASA!



Σχήμα 23: Το διαστημόπλοιο NEAR Shoemaker, το σχέδιο προσεδάφισης στον αστεροειδή Eros, εικόνα από το διαστημόπλοιο κατά την διαδικασία της προσεδάφισης

2004: Cassini-Huygens

Το Κασσίνι-Χόιχενς (Cassini-Huygens) ήταν μια κοινή αποστολή ρομποτικού διαστημικού οχήματος από τη NASA, την ESA και την ιταλική ASI για την μελέτη του Κρόνου και των φυσικών δορυφόρων του. Το διαστημόπλοιο αποτελούνταν από δύο βασικά στοιχεία: το σχεδιασμένο και κατασκευασμένο από την NASA *Cassini Orbiter*, που ονομάστηκε έτσι για να τιμηθεί ο Ιταλο-Γαλλικής εθνικότητας αστρονόμος Τζιοβάνι Ντομένικο Κασσίνι (Giovanni Domenico Cassini), καθώς και το συνοδευτικό σκάφος που ήταν σχεδιασμένο από την ΕΣΑ με το όνομα *Huygens* που όφειλε το όνομά του στον Ολλανδό αστρονόμο, μαθηματικό και φυσικό Κρίστιαν Χόιχενς (Christiaan Huygens). Το Κασσίνι ήταν το πρώτο διαστημόπλοιο που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τον πλανήτη Κρόνο και το τέταρτο που επισκέφθηκε τον Κρόνο. Το Κασσίνι ξεκίνησε στις 15 Οκτωβρίου 1997 και, μετά από ένα μακρύ διαπλανητικό ταξίδι, τέθηκε σε τροχιά γύρω από τον Κρόνο την 1η Ιουλίου 2004. Στις 25 Δεκεμβρίου 2004, περίπου στις 02:00 UTC, το Χόιχενς αποχωρίστηκε από το κυρίως σώμα του Κασσίνι και στη συνέχεια, έφθασε στο δορυφόρο του Κρόνου, Τιτάνα στις 14 Ιανουαρίου 2005, όπου εισχώρησε στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα, και προσεδάφιστηκε στέλνοντας πληροφορίες πίσω στη Γη .

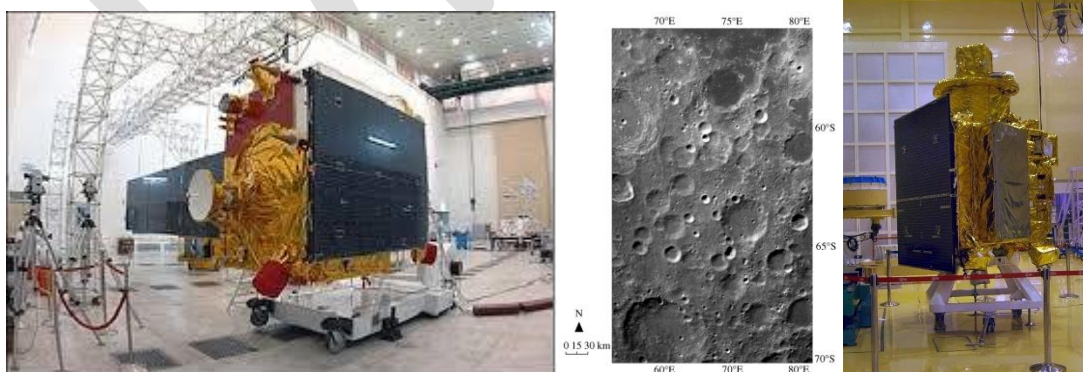


Σχήμα 24: Η Αποστολή Cassini-Huygens (Αριστερά) Εικόνες από το Huygens από την Ατμόσφαιρα του Τιτάνα

2007/2008: Αποστολές στη Σελήνη Chang'e (Κίνα) και Chandrayaan-1 (Ινδία)

Το Chang'e 1, ένα τηλεκατευθυνόμενο διαστημόπλοιο που μπήκε σε τροχιά γύρω από την Σελήνη, είναι μέρος της πρώτης φάσης του κινεζικού προγράμματος εξερεύνησης της σελήνης. Το διαστημικό σκάφος πήρε το όνομά του από την ομώνυμη κινέζικη θεά του φεγγαριού, την Chang'e. Σύμφωνα με το πρόγραμμα, το λεπτομερές σχέδιο του πρώτου κατά μέρους στόχου ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2004. Η μελέτη έρευνας και κατασκευής ενός δοκιμαστικού πρωτότυπου καθώς και τα σχετικά δοκιμαστικά είχαν ολοκληρωθεί πριν από το τέλος του 2005. Ακολούθησαν ο επιμελής σχεδιασμός, η κατασκευή και συναρμολόγηση του διαστημοπλοίου, καθώς και διάφορα πειράματα στο έδαφος της γης που ολοκληρώθηκαν πριν από τον Δεκέμβριο του 2006. Το Chang'e 1 εκτοξεύτηκε στις 24 Οκτωβρίου 2007, ώρα 10:05 GMT από το διαστημικό κέντρο Xichang. Πέρασε από τη σεληνιακή τροχιά μεταφοράς στις 31 Οκτωβρίου και μπήκε στην τροχιά γύρω από τη σελήνη στις 5 Νοεμβρίου. Οι πρώτες εικόνες της σελήνης αναμεταδόθηκαν στις 26 Νοεμβρίου 2007. Η αποστολή πρόκειται να διαρκέσει ένα έτος.

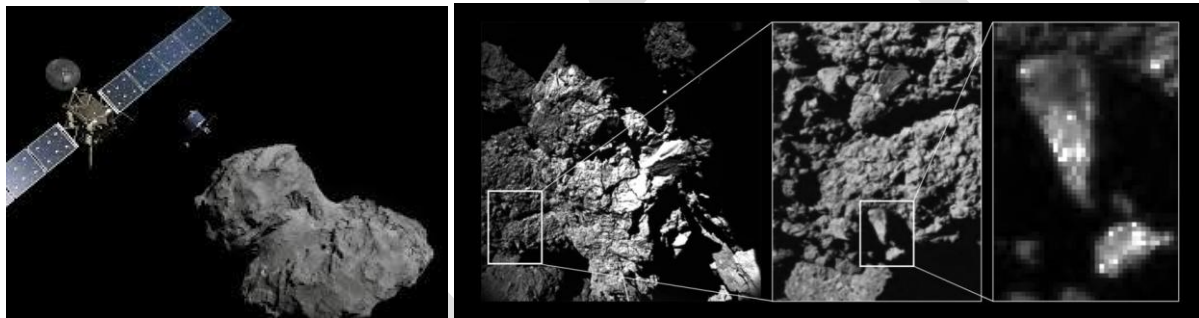
Η Ινδία το 2008 πραγματοποίησε μια απόλυτα επιτυχημένη εκτόξευση μη επανδρωμένου διαστημοπλοίου το οποίο τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Σελήνη προκειμένου να ανιχνεύσει νερό ή πολύτιμα μέταλλα. Η εκτόξευση αποτελεί απόδειξη της επιστημονικής επάρκειας και της τεχνολογίας των Ινδών ως εχέγγυων στη διεκδίκηση μεγαλύτερου κομματιού της παγκόσμιας οικονομικής δραστηριότητας όσον αφορά το Διάστημα. Το μη επανδρωμένο διαστημόπλοιο, το «Chandrayaan-1» («Σεληνάκατος 1», στα ινδικά) στοίχισε 56 εκατ. ευρώ, έχει βάρος 1,3 τόνο και θα περιφέρεται γύρω από τη Σελήνη για δύο χρόνια. Αργότερα αποσπάστηκε από αυτό μια ειδική συσκευή, το Moon Impactor Probe, το οποίο προσεδάφιστηκε με σκοπό να δημιουργήσει νέφος σεληνιακής σκόνης, το οποίο θα αναλυθεί από τα μηχανήματα της σεληνακάτου, όπως εξήγησαν οι ινδοί επιστήμονες.



Σχήμα 25: Το Διαστημόπλοιο Chandrayaan-1

2014 Αποστολή Rosetta σε Κομήτες

Η αποστολή Rosetta της ESA έχει σκοπό τη μελέτη του κομήτη 67P/Τσουριούμοφ-Γκερασιμένκο. Αποτελείται από δύο στοιχεία, τη ρομποτική διαστημική συσκευή Ροζέττα και τη συσκευή προσεδάφισης Φίλαι. Η Ροζέττα αποτελεί το πρώτο σκάφος που τέθηκε σε τροχιά γύρω από κομήτη. Θα τον ακολουθήσει στην πορεία του γύρω από τον Ήλιο και θα πραγματοποιήσει τη λεπτομερέστερη μελέτη κομήτη που έχει γίνει μέχρι σήμερα από το διάστημα. Η αποστολή ενδέχεται να αποφέρει σημαντικά δεδομένα για την προέλευση και την ιστορία του ηλιακού μας συστήματος, ενώ για να υλοποιηθεί συνεργάστηκαν όλες οι χώρες-μέλη της Ε.Ε., καθώς και τρίτες χώρες. Η αρχική ιδέα για την αποστολή γεννήθηκε τη δεκαετία του 1980 και το χρονικό πλαίσιο της μελέτης, κατασκευής και εκτέλεσης της αποστολής καλύπτει σχεδόν τρεις δεκαετίες. Η Ροζέττα εκτοξεύτηκε στις 2 Μαρτίου 2004 από την διαστημική βάση της ESA στην Γαλλική Γουιάνα. Η αποστολή πέρασε επιτυχημένα κοντά από δύο αστεροειδείς, τον 2867 Στέινς τον Σεπτέμβριο του 2008 και τον 21 Λουτησία τον Ιούλιο του 2010. Στις 6 Αυγούστου 2014, η Ροζέττα έφτασε στον κομήτη Τσουριούμοφ-Γκερασιμένκο και τέθηκε σε τροχιά γύρω από αυτόν. Στις 12 Νοεμβρίου, η αποστολή πέτυχε την πρώτη επιτυχημένη προσεδάφιση πάνω σε κομήτη, όταν το Φίλαι, μετά από κάθοδο περίπου επτά ωρών, επικάθισε ομαλά πάνω στην επιφάνεια του 67P.



Σχήμα 26: Η Αποστολή Rosetta με το Διαστημικό Όχημα Φίλαι το οποίο προσεδάφιστηκε στον κομήτη Τσουριούμοφ-Γκερασιμένκο

2015 Falcon 9, ο Πρώτος Επαναχρησιμοποιούμενος Εκτοξευτής

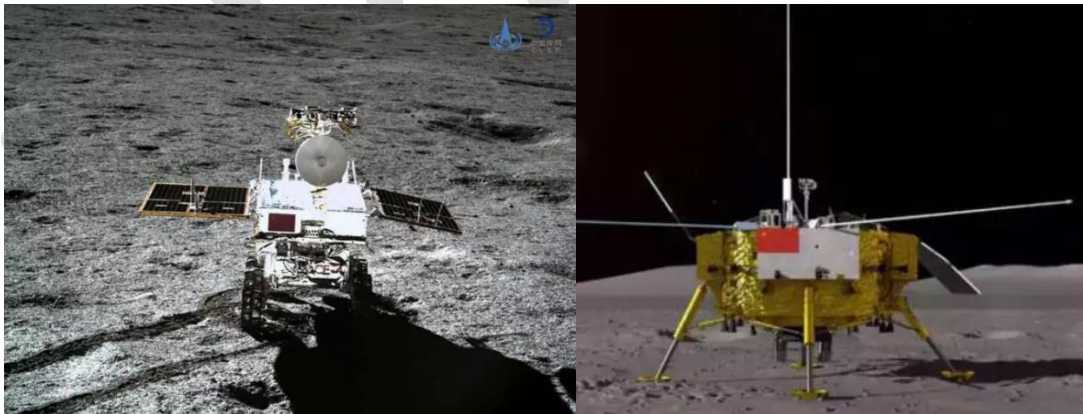
Η SpaceX έχει στο ενεργητικό της αρκετά σημαντικά επιτεύγματα: ήταν η πρώτη εταιρεία που βασιζόμενη σε ιδιωτική χρηματοδότηση έθεσε σε τροχιά πύραυλο υγρών καυσίμων (τον πύραυλο Falcon 1 το 2008), η πρώτη ιδιωτική εταιρεία που κατάφερε επιτυχημένα να εκτοξεύσει, να θέσει σε τροχιά και να ανακτήσει ένα διαστημικό σκάφος (το Dragon το 2010) και η πρώτη ιδιωτική εταιρεία που έστειλε διαστημικό σκάφος στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (το Dragon το 2012). Επίσης, πέτυχε την πρώτη κάθετη προσγείωση πυραύλου που είχε χρησιμοποιηθεί για την αποστολή φορτίου σε τροχιά και την πρώτη επαναχρησιμοποίηση πυραύλου που είχε αποστείλει φορτίο σε τροχιά (με τον Falcon 9 το 2015 και το 2017 αντίστοιχα), ενώ έγινε και η πρώτη ιδιωτική εταιρεία που εκτόξευσε φορτίο σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο (με τον πύραυλο Falcon Heavy το 2018). Η SpaceX έχει πραγματοποιήσει 14 αποστολές ανεφοδιασμού προς τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, στα πλαίσια σχετικής συμφωνίας συνεργασίας που έχει συνάψει με τη NASA.



Σχήμα 27: Προσγείωση των προωθητών (booster) του Falcon 9 Heavy το 2018, Προσγείωση του προωθητή Falcon 9 στην τηλεκατευθυνόμενη πλατφόρμα 'Of Course I still love you' (2016)

2018 Chang'e-4

Η αποστολή Chang'e-4 της Κίνας παριλάμβανε μια πλατφόρμα προσγείωσης και ένα ρομπότ/rover με το όνομα Yutu-2 στην άκρη της Σελήνης - η πρώτη αποστολή εκεί από οποιαδήποτε χώρα. Ο Chang'e-4 προσγειώθηκε στον κρατήρα Von Κάρμάν, στη λεκάνη του Νότιου Πόλου-Aitken της Σελήνης, το Δεκέμβριο του 2018. Μια αρχαία σεληνιακή επίδραση εκεί ενδέχεται να έχει εκθέσει τον μανδύα της Σελήνης. Μελετώντας απευθείας αυτήν την περιοχή, οι επιστήμονες θα μάθουν περισσότερα για το πρώιμο ηλιακό σύστημα και τη Γη. Η αποστολή δείχνει επίσης τη σκοπιμότητα μελλοντικών ανθρώπινων και ρομποτικών απομακρυσμένων αποστολών. Τα Chang'e-4 και Yutu-2 συνεχίζουν να διεξάγουν επιστημονικές επιχειρήσεις. Και τα δύο οχήματα απενεργοποιούνται κατά τη σεληνιακή βραδιά των 2 εβδομάδων, όταν οι θερμοκρασίες πέφτουν στους -173 βαθμούς Κελσίου, για να αποφευχθεί η καταστροφή των οργάνων τους. Πρέπει επίσης να απενεργοποιούνται όταν ο Ήλιος είναι άμεσα πάνω από αυτά για να αποφύγουν την υπερθέρμανση.



Σχήμα 28: Το ρομπότ Yutu-2 όπως φαίνεται από το Chang'e-4 (Αριστερά) Εικόνα του Διαστημοπλοίου Chang'e-4

2018 NewSpace, Ιδιωτική Πρωτοβουλία στο Διάστημα

Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στους τομείς των υλικών, μικροηλεκτρονικής, παραγωγής (3D printing) σε συνδυασμό με την παγκοσμιοποίηση, την έντονη πλέον ανάπτυξη νεοφυών εταιρειών και ιδεών, έχει οδηγήσει στην δημιουργία ενός νέου οικοσυστήματος, μίας νέας φιλοσοφίας ανάπτυξης νέων διαστημικών τεχνολογιών και εφαρμογών βασιζόμενα στην ιδιωτική πρωτοβουλία. Το 'NewSpace' αντιπροσωπεύει την ιδιωτική πρωτοβουλία όπου ιδιωτικές εταιρείες, όχι πάντα σχετικές με το διάστημα,

νεοφυείς εταιρείες αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες και διαστημικές εφαρμογές ξέχωρα και ανεξάρτητα από τους παραδοσιακούς 'παίχτες' της διαστημικής κοινότητας, όπως δημόσιους οργανισμούς ή προγράμματα χρηματοδοτούμενα από δημόσιους οργανισμούς, με στόχο την ταχύτερη πρόσβαση στο διάστημα, την ταχύτερη ανάπτυξη οικονομικά βιώσιμων προϊόντων. Υπάρχουν ήδη σημαντικά παραδείγματα επιτυχιών του ρεύματος 'NewSpace' όπου μικρές εταιρείες όπως η SpaceX, OneWeb έχουν γίνει πραγματικοί κολοσσοί στην βιομηχανία της διαστημικής έχοντας αναπτύξει νέους οικονομικούς, επαναχρησιμοποιούμενους διαστημικούς εκτοξευτές, συστοιχίες τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων για την χαμηλού κόστους παροχή ιντερνετ (Starlink). Παράλληλα νέοι μη παραδοσιακοί επενδυτές από άλλους τομείς όπως ο Jeff Bezos της Amazon, επενδύουν στο διάστημα μεγάλα ποσά (Blue Origin) χρησιμοποιώντας κεφάλαια αλλά και την επενδυτική νοοτροπία της Silicon Valley.

2019 Αποστολές στην Σελήνη (Κίνα, Ισραήλ)

Το Chandrayaan-2/Τσαντραγιάν-2 είναι η δεύτερη ινδική αποστολή εξερεύνησης της Σελήνης, μετά το Τσαντραγιάν-1. Αναπτύχθηκε από τον Ινδικό Οργανισμό Εξερεύνησης του Διαστήματος και εκτοξεύτηκε στις 22 Ιουλίου 2019, από το διαστημικό κέντρο Σατίς Νταβάν με προορισμό τη Σελήνη. Η σχεδιασμένη τροχιά έχει απόγειο 170 χλμ. και απόγειο 45.475 χλμ. Το σύστημα περιλαμβάνει τροχιακό μηχανισμό, ένα όχημα προσεδάφισης και ένα ρόβερ με το όνομα Πραγκιάν, ενώ τα υποσυστήματα του Τσαντραγιάν κατασκευάστηκαν εξολοκλήρου στην Ινδία. Ο κύριος στόχος του Τσαντραγιάν είναι να μελετήσει την ύπαρξη νερού στην σελήνη. εκτοξεύτηκε στις 14:43 ώρα Ινδίας στις, από το διαστημικό κέντρο Σατίς Νταβάν στην Σριχαρικότα της επαρχίας Νελόρ του κρατιδίου Άντρα Πραντές. Δυστυχώς το διαστημόπλοιο απέτυχε στην διαδικασία της προσγείωσης και καταστράφηκε.



Σχήμα 29: Τα Οχήματα Προσεδάφισης Chandrayaan-2 (Αριστερά) και Beresheet (Δεξιά)

Το 2019, το Ισραήλ έγινε η έβδομη χώρα στην ιστορία που έθεσε σε τροχιά μια διαστημοσυσκευή γύρω από το φεγγάρι. Το μικρό ρομποτικό ισραηλινό σκάφος Beresheet (Γένεσις), που είχε εκτοξευθεί στις 21 Φεβρουαρίου, εισήλθε σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τη Σελήνη με στόχο να προσσεληνωθεί. Η τροχιά του θα το φέρει πλέον για λίγες μέρες να κινείται σε απόσταση 500 έως 10.000 χιλιομέτρων από το φεγγάρι. Είναι το πρώτο κρίσιμο βήμα, προκειμένου στις 11 Απριλίου, το σκάφος, ύψους ενάμισι μέτρου, να επιχειρήσει αυτόνομη προσσελήνωση - κάτι που θα καταστήσει το Ισραήλ την τέταρτη χώρα που θα έχει «πατήσει» στο φεγγάρι, μετά τις ΗΠΑ, την ΕΣΣΔ-Ρωσία και την Κίνα. Το βάρος 585 κιλών και κόστους 100 εκατομμυρίων δολαρίων Beresheet, αναπτύχθηκε με την υποστήριξη της ιδιωτικής επιχειρηματικής πρωτοβουλίας από τον μη κερδοσκοπικό οργανισμό Spacell και από την κρατική ισραηλινή αεροδιαστημική εταιρεία Israel Aerospace Industries. Δυστυχώς, το Beresheet καταστράφηκε κατά την διαδικασία της προσγείωσης. Η αποτυχία του Beresheet να φτάσει στη Σελήνη αποδίδεται πιθανόν σε δυσλειτουργία της κύριας μηχανής του (βρετανικής κατασκευής) κατά τη στιγμή της καθόδου στο

φεγγάρι. Το αποτέλεσμα ήταν το σκάφος να μην κόψει ταχύτητα. Παρά την αποτυχία να ολοκληρώσει την αποστολή του με επιτυχία, το διαστημικό σκάφος Beresheet έγραψε -ούτως ή άλλως- ιστορία αφού είναι η πρώτη ιδιωτική διαστημοσυσκευή που έφτασε ως το φεγγάρι. Ακόμη, με τη συγκεκριμένη αποστολή, το Ισραήλ έγινε η έβδομη χώρα που έθεσε μια διαστημοσυσκευή σε τροχιά γύρω από τη Σελήνη. Ο Ελληνο-αμερικανός επιχειρηματίας Πίτερ Διαμαντής, ιδρυτής του Ιδρύματος X Prize, ανακοίνωσε ότι η ισραηλινή Space IL που συμμετείχε στον διαγωνισμό X-Prize, θα λάβει το βραβείο του ενός εκατομμυρίου δολαρίων, προκειμένου να συνεχίσει τις προσπάθειες της παρά την αποτυχημένη πρώτη αποστολή.

2020 Διαδίκτυο από το Διάστημα - Starlink

Το Starlink είναι ένα σύστημα δορυφόρων που κατασκευάζεται από την SpaceX για την παροχή δορυφορικού διαδικτύου. Το σύστημα θα αποτελείται από χιλιάδες μικρούς δορυφόρους σε χαμηλή γήινη τροχιά (LEO), σε συνδυασμό με πομποδέκτες εδάφους. Το συνολικό κόστος του δεκαετούς έργου για το σχεδιασμό, την κατασκευή και την ανάπτυξη του Starlink από την SpaceX τον Μάιο του 2018 εκτιμήθηκε περίπου στα 10 δις \$. Η ανάπτυξη του προγράμματος ξεκίνησε το 2015, με τους δύο πρώτους δοκιμαστικούς δορυφόρους να μπαίνουν σε τροχιά τον Φεβρουάριο του 2018. Ένα δεύτερο ζευγάρι δοκιμαστικών δορυφόρων και η πρώτη μαζική εκτόξευση δορυφόρων πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2019 όταν οι πρώτοι 60 λειτουργικοί δορυφόροι μπήκαν σε τροχιά. Από το 2020, η SpaceX εκτοξεύει 60 δορυφόρους ανά φορά, με στόχο την ανάπτυξη των 1.584 δορυφόρων για την παροχή διαδικτύου παγκόσμιος έως τα τέλη του 2021- 2022. Η SpaceX θα παρέχει ένα δοκιμαστικές υπηρεσίες σε χρήστες που κατοικούν στους βόρειες Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά έως τον Αύγουστο του 2020. Τον Σεπτέμβριο του 2020 είχαν εκτοξευτεί 715 δορυφόροι.

2020 Οι Πρώτοι Αμερικανοί Πίσω στο Διάστημα από το 2011– Επανδρωμένη Κάψουλα Dragon

SpaceX Demo-2 ήταν μια δοκιμαστική πτήση του διαστημικού σκάφους Crew Dragon, που εκτοξεύθηκε στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό στις 30 Μαΐου 2020 στις 19:22:45 UTC. Το Demo-2 είναι η πρώτη επανδρωμένη αποστολή που εκτοξεύθηκε από τις Ηνωμένες Πολιτείες μετά την τελική αποστολή του Διαστημικό Λεωφορείου, STS-135, το 2011, στην οποία, πιλότος ήταν ο Douglas G. Hurley. Ο Hurley μαζί με τον Robert L. Behnken ήταν το πλήρωμα της αποστολής Crew Dragon Demo-2. Η πρώτη προσπάθεια εκτόξευσης στις 27 Μαΐου ακυρώθηκε λόγω κακοκαιρίας, που προκλήθηκε από τροπική καταιγίδα, 16 λεπτά και 53 δευτερόλεπτα πριν από την εκτόξευση. Η δεύτερη προσπάθεια εκτοξεύθηκε επιτυχώς στις 30 Μαΐου 2020 στις 19:22:45 UTC. Η κάψουλα Dragon με τους αστροναύτες προσγειώθηκαν επιτυχώς στις 2 Αυγούστου 2020.

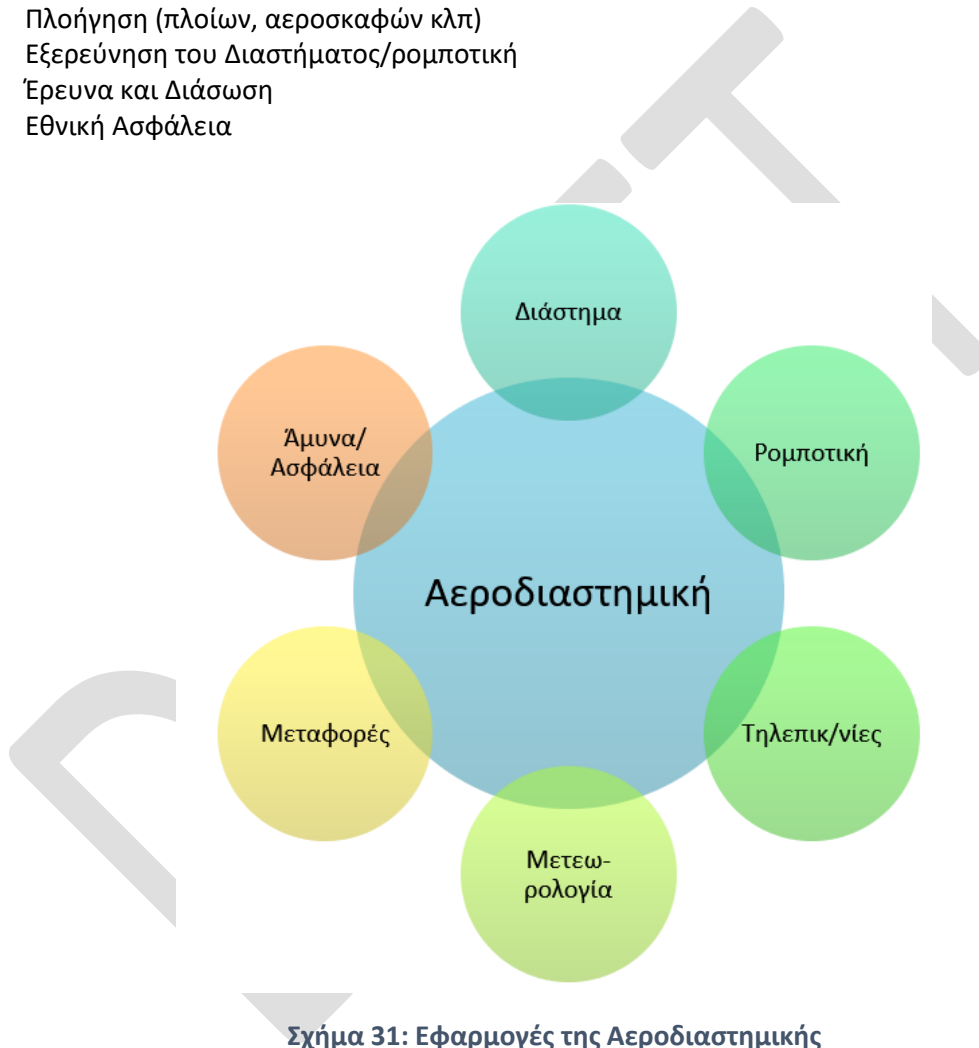


Σχήμα 30: Εικόνες από τη Αποστολή SpaceX Demo-2 στον ΔΔΣ/ISS

2.0 Διαστημικές Εφαρμογές

Η χρήση της αεροδιαστημικής/δορυφορικών μέσων/εφαρμογών είναι ζωτική ανάγκη και καθοριστικός παράγοντας της καθημερινότητας μας (παραδείγματα):

- Τηλεπικοινωνίες/δορυφορική τηλεόραση/internet
- Τηλεπαρατήρηση-συλλογή πληροφοριών
- Μετεωρολογία
- Πλοήγηση (πλοίων, αεροσκαφών κλπ)
- Εξερεύνηση του Διαστήματος/ρομποτική
- Έρευνα και Διάσωση
- Εθνική Ασφάλεια



Όπως έχουμε αναφέρει, το Διάστημα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας και της καθημερινότητάς μας. Μέρα με την μέρα, η εξάρτηση μας από το Διάστημα για καθημερινές μας δραστηριότητες όπως οι επικοινωνίες, χρήση του διαδικτύου, τραπεζικές συναλλαγές, τηλεόραση, προβλέψεις του καιρού. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα, τι θα γίνονταν αν όλοι οι δορυφόροι 'κλείνανε', δηλαδή σταματούσαν για κάποιο λόγο να λειτουργούν; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό μελετήθηκε από τον Βρετανικό Τηλεοπτικό Οργανισμό BBC² και εν συντομία τα συμπεράσματα της μελέτης ήταν ότι θα πρόκυπταν οι εξής συνέπειες:

² <http://www.bbc.com/future/story/20130609-the-day-without-satellites>

- Κλειστή τηλεόραση, ράδιο, περιορισμός/διακοπή ενημέρωσης
- Διακοπή ασφαλών επικοινωνιών (ΕΔ, Αστυνομία κλπ)
- Διακοπή/καθυστερήσεις στις μεταφορές, πιθανή κατάρρευση συστημάτων εναέριας κυκλοφορίας και γενικότερα στις εφαρμογές πλοήγησης
- Κατάρρευση δικτύων ασφάλειας, ηλεκτρισμού, άρδευσης, επικοινωνιών, χρηματοπιστωτικών συναλλαγών, συστημάτων ασφαλείας (λαμβάνουν μετρήσεις χρόνου/ώρας από το σύστημα GPS)
- Καθυστέρηση/διακοπή παγκόσμιου δικτύου Internet
- Κινητοποίηση μεγάλων δυνάμεων ασφάλειας

Στις επόμενες παραγράφους θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε, εν συντομία, τις κυριότερες εφαρμογές του Διαστήματος, πολλές από τις οποίες έχουν ιδιαίτερα σημαντικά οικονομικά, πολιτικά αλλά και κοινωνικά οφέλη και στις οποίες η Ευρώπη πρωταγωνιστεί.

2.1 Τηλεπαρατήρηση/Τηλεπισκόπηση

Η παρατήρηση της γης είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα φυσικά, χημικά και βιολογικά συστήματα του πλανήτη Γη μέσω τεχνολογιών τηλεπισκόπησης, που συνήθως περιλαμβάνουν δορυφόρους που μεταφέρουν συσκευές απεικόνισης. Η παρατήρηση της γης χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και αξιολόγηση της κατάστασης και των αλλαγών στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Οι διαστημικές τεχνολογίες παρέχουν αξιόπιστα σύνολα δεδομένων επαναλαμβανόμενης κάλυψης, τα οποία σε συνδυασμό με την έρευνα και την ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων, παρέχουν ένα μοναδικό μέσο για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τον πλανήτη. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την παρακολούθηση της κατάστασης και της εξέλιξης του περιβάλλοντος μας, είτε πρόκειται για ξηρά, θάλασσα ή αέρα, και την ικανότητα γρήγορης εκτίμησης καταστάσεων κατά τη διάρκεια κρίσεων όπως ακραία καιρικά φαινόμενα ή σε περιόδους ανθρώπινης σύγκρουσης. Η τηλεπισκόπηση είναι η απόκτηση πληροφοριών σχετικά με ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο χωρίς να κάνετε φυσική επαφή με το αντικείμενο και έτσι σε αντίθεση με την επιτόπια παρατήρηση, ειδικά τη Γη. Η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως η γεωγραφία, η έρευνα γης και οι περισσότεροι επιστημονικοί κλάδοι της Γης (για παράδειγμα, υδρολογία, οικολογία, μετεωρολογία, ωκεανογραφία, δασολογία, γεωλογία). Έχει επίσης στρατιωτικές, εμπορικές, οικονομικές, σχεδιαστικές και ανθρωπιστικές εφαρμογές.

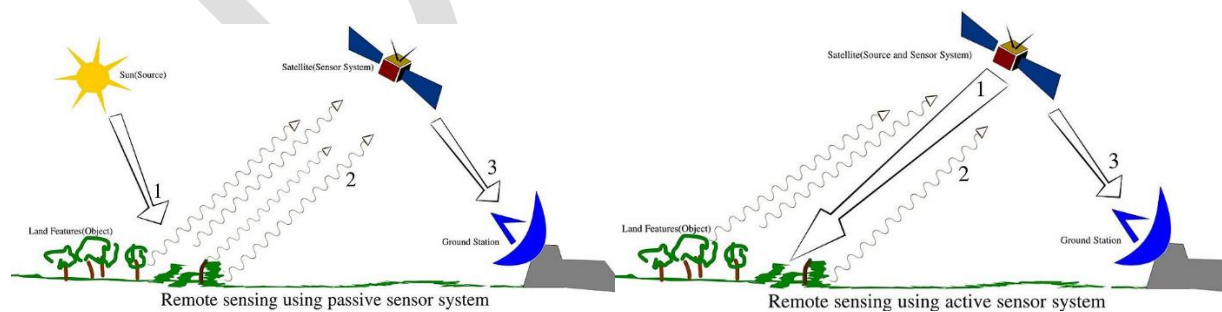


Σχήμα 32 Πυρκαγιές στην Πελοπόννησο το 2007. Το καλοκαίρι του 2007 μια σειρά από δασικές πυρκαγιές σε πολλούς νομούς της Ελλάδας είχαν ως αποτέλεσμα να χάσουν τη ζωή τους 84 άνθρωποι

και να καούν 1.500 σπία και περισσότερα από 268.834 εκτάρια (περ. 2.700km²) γης, 4,5 εκατομμύρια ελαιόδεντρα και 60.000 ζώα

Στην τρέχουσα χρήση, ο όρος «τηλεπισκόπηση» αναφέρεται γενικά στη χρήση τεχνολογιών αισθητήρων μέσω δορυφόρου ή αεροσκάφους για τον εντοπισμό και την ταξινόμηση αντικειμένων στη Γη. Περιλαμβάνει την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα και τους ωκεανούς, με βάση τα πολλαπλασιαζόμενα σήματα (π.χ. ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία). Μπορεί να χωριστεί σε "ενεργή" τηλεπισκόπηση (όταν εκπέμπεται σήμα από δορυφόρο ή αεροσκάφος στο αντικείμενο και ανιχνεύεται η αντανάκλασή του από τον αισθητήρα) και "παθητική" τηλεπισκόπηση (όταν η αντανάκλαση του ηλιακού φωτός ανιχνεύεται από τον αισθητήρα).

Οι παθητικοί αισθητήρες συλλέγουν ακτινοβολία που εκπέμπεται ή αντανακλάται από το αντικείμενο ή τις γύρω περιοχές. Το ανακλώμενο φως του ήλιου είναι η πιο κοινή πηγή ακτινοβολίας που μετράτε από παθητικούς αισθητήρες. Παραδείγματα παθητικών απομακρυσμένων αισθητήρων περιλαμβάνουν φωτογράφιση ταινιών, υπέρυθρες, συζευγμένες με φορτίο συσκευές και ραδιομετρητές. Η ενεργή συλλογή, από την άλλη πλευρά, εκπέμπει ενέργεια για τη σάρωση αντικειμένων και περιοχών, οπότε ένας αισθητήρας ανιχνεύει και μετρά την ακτινοβολία που αντανακλάται ή διασκορπίζεται από τον στόχο. Τα RADAR και LiDAR είναι παραδείγματα ενεργού τηλεπισκόπησης όπου μετράτε η χρονική καθυστέρηση μεταξύ εκπομπής και επιστροφής, καθορίζοντας τη θέση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση ενός αντικειμένου. Η τηλεπισκόπηση επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων επικίνδυνων ή δυσπρόσιτων περιοχών. Οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης περιλαμβάνουν παρακολούθηση της αποψίλωσης δασών σε περιοχές όπως η λεκάνη του Αμαζονίου, τα χαρακτηριστικά παγετώνων στις περιοχές της Αρκτικής και της Ανταρκτικής και ηχητική ακτινοβολία σε βάθος παράκτιων και ωκεανών. Στρατιωτική συλλογή κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου χρησιμοποίησε ανεξάρτητη συλλογή δεδομένων σχετικά με επικίνδυνες παραμεθόριες περιοχές. Η τηλεπισκόπηση αντικαθιστά επίσης την δαπανηρή και αργή συλλογή δεδομένων στο έδαφος, διασφαλίζοντας ότι κατά τη διαδικασία δεν ενοχλούνται περιοχές ή αντικείμενα. Οι τροχιακές πλατφόρμες συλλέγουν και μεταδίδουν δεδομένα από διαφορετικά μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, τα οποία, σε συνδυασμό με την ανίχνευση και την ανάλυση επίγειας ή επίγειας κλίμακας, παρέχουν στους ερευνητές αρκετές πληροφορίες για την παρακολούθηση καιρικών φαινομένων/τάσεων όπως το El Niño και άλλα φυσικά μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα φαινόμενα. Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν διαφορετικές περιοχές των επιστημών της γης, όπως διαχείριση φυσικών πόρων, γεωργικές εφαρμογές όπως η έξυπνη χρήση και εκμετάλλευση της γης, ανίχνευση και παρακολούθηση πετρελαιοκηλίδων και εθνική ασφάλεια και γενικά, συλλογή πληροφοριών σε κρίσιμες περιοχές όπως οι παραμεθόριες περιοχές/σύνορα



Σχήμα 33: Απεικόνιση Τηλεπισκόπησης

Στις στρατιωτικές εφαρμογές, η συλλογή πληροφοριών από τη δορυφορική παρατήρηση της Γης (εικόνες) συμβάλλουν στη λήψη απόφασης αλλά και χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρο Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (πχ για εντοπισμό φίλιων και εχθρικών δυνάμεων, απεικόνιση απειλών, επιλογή συντομότερης οδού). Ιδιωτικοί/εμπορικοί δορυφόροι μπορούν να αποτυπώσουν αντικείμενα με μέγεθος ~20-30 cm με τους στρατιωτικούς δορυφόρους των ΗΠΑ να θεωρούνται ότι μπορούν να έχουν διακριτική ικανότητα μικρότερη των 8cm και με ικανότητα μετάδοσης δεδομένων για 5-10 λεπτά σε πραγματικό χρόνο πάνω από συγκεκριμένους στόχους.

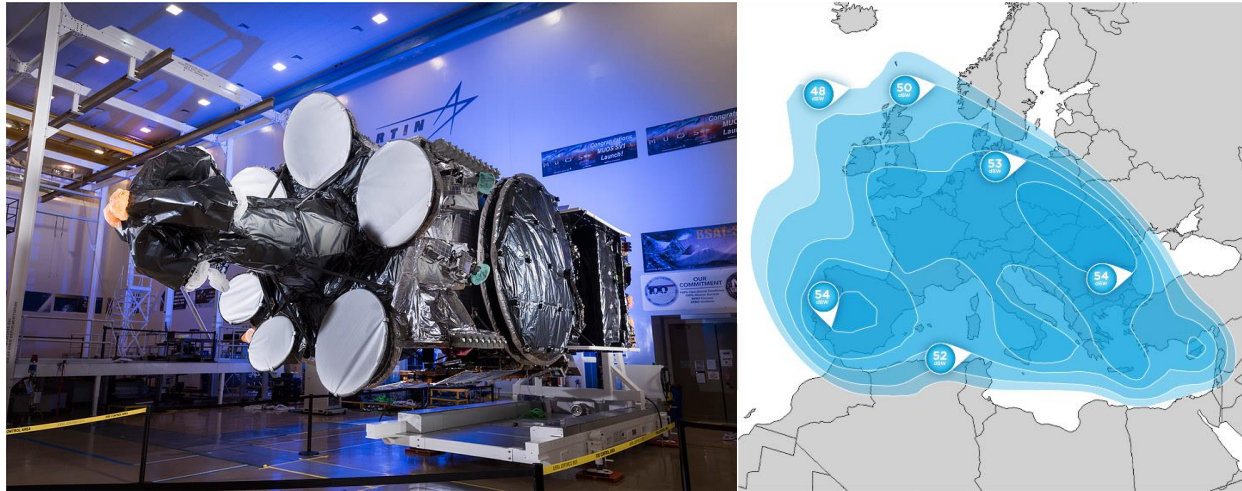


Σχήμα 34: Δορυφορική εικόνα του δορυφόρου WorldView-3 από το Αεροδρόμιο της Μαδρίτης Barajas στην Ισπανία με διακριτική ικανότητα (χωρίς ηλεκτρονική επεξεργασία) στα 31 cm.

2.2 Δορυφορικές Επικοινωνίες

Η τεχνολογία των δορυφόρων έχει εξελιχθεί παρά πολύ κατά τη διάρκεια των τελευταίων 70 ετών, από τότε δηλαδή που την πρότεινε αρχικά ο Arthur C. Clarke. Σήμερα, τα δορυφορικά συστήματα μπορούν να παρέχουν ποικίλες υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των ευρυζωνικών επικοινωνιών, των ακουστικών/τηλεοπτικών δικτύων διανομής, της θαλάσσιας ναυσιπλοΐας, της παγκόσμιας εξυπηρέτησης και υποστήριξης πελατών, καθώς επίσης και των στρατιωτικών συστημάτων. Σήμερα, οι δορυφόροι χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία γκάμα υπηρεσιών, όπως η εκπομπή τηλεοπτικού σήματος, οι τοπικές και διεθνείς κλήσεις, η μεταφορά δεδομένων και η πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Η ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών προσφέρει πλήθος νέων δυνατοτήτων και είναι σχεδόν σίγουρο ότι και στο προσεχές μέλλον οι δορυφόροι θα συνεχίσουν να κατέχουν εξέχοντα ρόλο στις τηλεπικοινωνίες. Χώρες, όπως ο Καναδάς, οι ΗΠΑ, η Σοβιετική Ένωση και η Ινδονησία κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα επικερδές επικοινωνιακό σύστημα μέσω δορυφόρων γεωστατικής τροχιάς, πράγμα το οποίο ήταν μέχρι τότε αντισυμβατικό. Από το 1970 και για τα επόμενα 20 χρόνια, τα δορυφορικά συστήματα επικοινωνιών με χρήση δορυφόρων γεωστατικής τροχιάς (GEO) αυξήθηκαν κατακόρυφα, παρόλο που ήδη είχαν αναπτυχθεί πλήρως οι τεχνολογίες των οπτικών ινών. Τα επόμενα χρόνια στις ΗΠΑ η επέκταση στράφηκε

προς τη μετάδοση και διανομή βίντεο και την ανάπτυξη δικτύων τερματικών σταθμών πολύ μικρής επιφάνειας (Very Small Aperture Terminals, VSATs).



Σχήμα 35: Ο Hellas Sat 4 ή Saudigeosat-1 είναι δορυφόρος επικοινωνιών που ανήκει στην ελληνοκυπριακή εταιρείας δορυφορικών επικοινωνιών Hellas Sat που ανήκει στην Arabsat κατά 99%. Κατασκευάστηκε από την Lockheed Martin και εκτοξεύτηκε στις 05/02/2019 από το Κουρού της Γαλλικής Γουιάνας. Ο δορυφόρος θα παρέχει τις υπηρεσίες του από την τροχιακή θέση της Ελλάδας και της Κύπρου, 39 μοίρες ανατολικά. Είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να παρέχει τηλεπικοινωνιακές δυνατότητες, όπως τηλεόραση, διαδίκτυο, τηλεφωνία και ασφαλείς στρατιωτικές επικοινωνίες σε πελάτες στη Μέση Ανατολή, την Αφρική και την Ευρώπη

Τα τελευταία χρόνια οι δορυφόροι GEO αποτελούν την κύρια αιχμή στην ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών. Λόγω των χαρακτηριστικών τους μπορούν να καλύψουν το 1/3 της επιφάνειας της Γης, ενώ με τις τεχνολογικές εξελίξεις στη δομή και τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά έχουν φτάσει τα 10.000 κιλά βάρος, παραγόμενη ισχύ στα 25kW και κεραιές με εκατοντάδες δέσμες. Η μετάδοση τηλεοπτικών προγραμμάτων και DBS-TV (Direct Broadcast Satellite Television) αποτελεί την κύρια πηγή εσόδων για τις εταιρίες παροχής δορυφορικών προϊόντων, παρέχοντας παραπάνω από τα μισά κέρδη στον τομέα αυτό. Η αυξημένη ισχύς εκπομπής και η χρήση κεραιών υψηλού κέρδους στους επίγειους σταθμούς εξασφαλίζει υψηλή χωρητικότητα για τα GEO συστήματα, η οποία μεταφράζεται σε οικονομικό όφελος. Σήμερα επικρατεί μία νέα τάση στις δορυφορικές επικοινωνίες καθότι η ανάπτυξη νέων τεχνικών μεταγωγής, κεραιών αλλά και η δυνατότητα εκτόξευσης μικροδορυφόρων σε τροχιά LEO (χαμηλή Γήινη τροχιά) έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη των 'mega-constellations' δηλαδή συστοιχιών από εκατοντάδες μικροδορυφόρους (OneWeb, Kuiper, Starlink) για την δημιουργία δικτύων τηλεπικοινωνίας με μικρή χρονο-καθυστέρηση (latency) σε σύγκριση με την γεωστατική τροχιά (GEO). Έτσι, με την ανάπτυξη, τεχνικών μεταγωγής και επεξεργασίας επί του δορυφόρου (on-board switching and processing), τη χρήση πολλαπλών δεσμών (multi-beams), τη χρήση υψηλότερων συχνοτήτων και άρα διαθέσιμου εύρους ζώνης, την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης πληροφορίας και τη μείωση του μεγέθους των κινητών τερματικών και του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών, τα δορυφορικά συστήματα κινητών υπηρεσιών έχουν βρει ευρεία εφαρμογή.



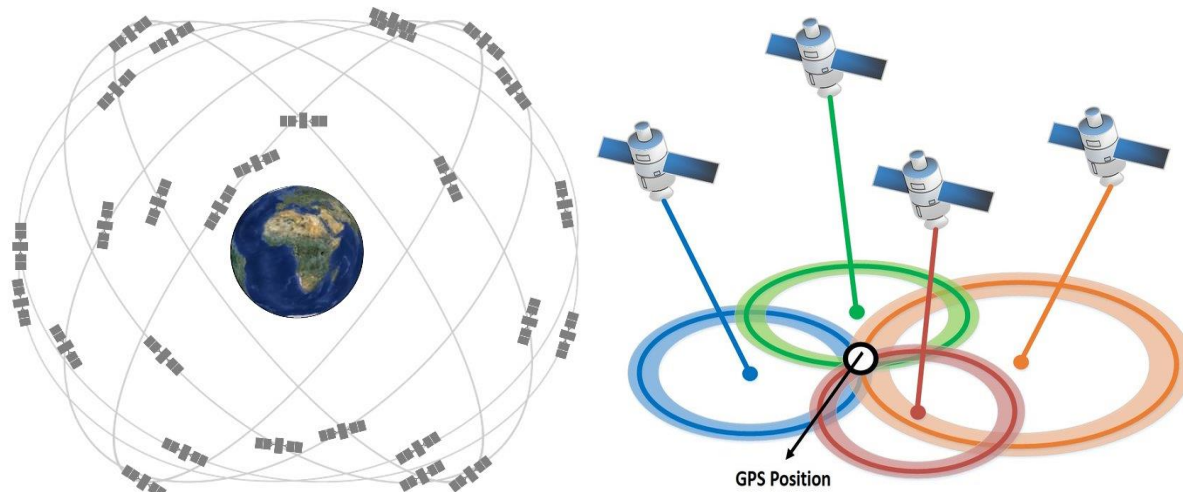
Σχήμα 36: Το Starlink είναι ένα σύστημα δορυφόρων που κατασκευάζεται από την SpaceX για την παροχή δορυφορικού διαδικτύου. Το σύστημα θα αποτελείται από 1584 δορυφόρους σε χαμηλή γήινη τροχιά (LEO), σε συνδυασμό με πομποδέκτες εδάφους.

2.3 Πλοήγηση - Εντοπισμός Θέσης – Χρονισμός (Positioning, Navigation, Timing – PNT)

Η διαθεσιμότητα σε πραγματικό χρόνο του ακριβούς καθορισμού θέσης, της πλοήγησης με ακρίβεια καθώς και τα δεδομένα χρονισμού από δορυφορικά συστήματα είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διεξαγωγή των κάθε είδους λειτουργιών που απαιτούνται για τις μεταφορές, εμπορικές εφαρμογές πλοήγησης και για την αντιμετώπιση κρίσεων.

Την πρώτη εφαρμογή πλοήγησης το Applied Physics Laboratory του John Hopkins University, το 1959, με το στρατιωτικό σύστημα 'Transit Navigation System' το οποίο μπορούσε να δίνει στα πλοία του Αμερικανικού πολεμικού ναυτικού τις συντεταγμένες τους οπουδήποτε στον ωκεανό, ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών και το οποίο μετέπειτα το 1967 εφαρμόστηκε η χρήση του στον εμπορικό στόλο όλου του κόσμου. Το σύστημα 'Transit' αποτέλεσε τον πρόγονο των συστημάτων πλοήγησης που αναπτύχθηκαν το 1970-1980 (Global Positioning System – GPS, Αμερική), το 2015 και ύστερα με το Ευρωπαϊκό σμήνος Galileo (Ευρώπη) και το Κινεζικό Beidou.

Το GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης, ή Θέσης είναι παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" 24 δορυφόρων γύρω από της Γη (στα 22000 km), εφοδιασμένων με ειδικές συσκευές εντοπισμού, οι οποίες ονομάζονται "πομποδέκτες GPS". Οι πομποδέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές. Το σύστημα ξεκίνησε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ και ονομάστηκε NAVSTAR GPS (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System). Το δορυφορικό αυτό σύστημα ρυθμίζεται καθημερινά από τη Βάση Πολεμικής Αεροπορίας Σρίβερ (Schriever) με κόστος 400 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο. Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Στην περίπτωση αυτή, όμως, υπήρχαν δύο διαφορετικά προβλήματα: Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης, που θα εξέπεμπαν σήμα σε υψηλή συχνότητα, διέθεταν μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά είχαν μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε μεν χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και η ακρίβεια που παρείχε ήταν χαμηλή.



Σχήμα 37: Τροχιές του δικτύου δορυφόρων GPS (Δεξιά) Αρχή λειτουργίας του GPS (προσδιορισμός GPS)

Η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό της θέσης ενός σημείου είχε ήδη γίνει, όπως είναι γνωστό στον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο με την ανακάλυψη και χρήση των RADAR. Το Global Positioning System στη σημερινή του μορφή βασίζεται σε παρεμφερή τεχνολογία. Συνδυάζει όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός –τεχνητού αυτή τη φορά- ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι πλέον επίγειοι, αλλά εδρεύουν σε δορυφόρους. Ένα δίκτυο πολυάριθμων (24 - 32) δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας, βοηθά τους δέκτες GPS να παραγάγουν το ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Όταν, το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ, οι άνθρωποι είχαν ήδη αντιληφθεί ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, ερευνητές διαπίστωσαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από τον δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας που σήμερα αποκαλείται Global Positioning System. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο: Ο δορυφόρος να εντοπίσει την ενός σημείου θέση με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού Υπουργείου Εθνικής Άμυνας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό το 1959 το οποίο ανέπτυξε το Applied Physics Laboratory του John Hopkins University. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι δηλαδή τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό.

Το GALILEO είναι το ευρωπαϊκό πρόγραμμα ραδιοπλοήγησης και προσδιορισμού θέσης μέσω δορυφόρου. Δρομολογήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αναπτύχθηκε από κοινού με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος με στόχο να προσφέρει στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τεχνολογική ανεξαρτησία από το αμερικανικό σύστημα GPS και το ρωσικό GLONASS. Το Galileo είναι ένα παγκόσμιο

δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) που κυκλοφόρησε το 2016 [5], το οποίο δημιουργήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA), το οποίο διαχειρίζεται ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός GNSS (GSA), με έδρα στην Πράγα, Τσεχική Δημοκρατία, με δύο κέντρα επίγειων επιχειρήσεων στο Fucino της Ιταλίας και στο Oberpfaffenhofen, Γερμανία. Το έργο των 10 δισεκατομμυρίων ευρώ πήρε το όνομά του από τον Ιταλό αστρονόμο Galileo Galilei. Ένας από τους στόχους του Galileo είναι να παρέχει ένα ανεξάρτητο σύστημα εντοπισμού θέσης υψηλής ακρίβειας, ώστε τα ευρωπαϊκά έθνη να μην χρειάζεται να βασίζονται στο GPS των ΗΠΑ ή στα ρωσικά συστήματα GLONASS, τα οποία θα μπορούσαν να απενεργοποιηθούν ή να υποβαθμιστούν από τους χειριστές τους ανά πάσα στιγμή. Η χρήση βασικών (χαμηλότερης ακρίβειας) υπηρεσιών Galileo είναι δωρεάν και ανοιχτή σε όλους. Οι δυνατότητες υψηλότερης ακρίβειας είναι διαθέσιμες για εμπορικούς χρήστες – με κόστος χρήσης. Το Galileo προορίζεται να παρέχει οριζόντιες και κατακόρυφες μετρήσεις θέσης με ακρίβεια 1 μέτρου και καλύτερες υπηρεσίες τοποθέτησης σε υψηλότερα πλάτη από άλλα συστήματα προσδιορισμού θέσης. Το Galileo πρόκειται επίσης να παρέχει μια νέα παγκόσμια λειτουργία αναζήτησης και διάσωσης (SAR) ως μέρος του συστήματος MEOSAR. Το Galileo άρχισε να προσφέρει την Πρώμη Λειτουργική Ικανότητα (EOC) στις 15 Δεκεμβρίου 2016, παρέχοντας αρχικές υπηρεσίες με ένα αδύναμο σήμα και έφτασε στην Πλήρη Λειτουργική Ικανότητα (FOC) το 2019. Το πλήρες σύστημα 30 δορυφορικών Galileo (24 λειτουργικά και 6 ενεργά ανταλλακτικά) αναμένεται έως το τέλος του 2020. Σε παρόμοια τροχιά με το Galileo και GPS, βρίσκονται το Ρωσικό σύστημα πλοήγησης GLONASS και το Κινεζικό Beidou.

2.4 Έρευνα-Διάσωση

Η έρευνα-διάσωση από το Διάστημα είναι η εφαρμογή κατά την οποία είναι εφικτή η ταχύτερη διάσωση προσωπικού που βρίσκεται σε κίνδυνο κατά τη διάρκεια επιχειρήσεων ή εκτάκτων αναγκών (πχ εξοπλισμός μονάδων μέσω δορυφορικά συστήματα (πομπούς/δέκτες). Το κύριο δίκτυο με πομπούς/δέκτες που χρησιμοποιείται βασίζεται στο Διεθνές Πρόγραμμα Cospas-Sarsat το οποίο είναι μια πρωτοβουλία αναζήτησης και διάσωσης μέσω δορυφόρου. Είναι ως ένας μη κερδοσκοπικός, διακυβερνητικός, ανθρωπιστικός συνεταιρισμός 45 εθνών και οργανισμών που βασίζονται σε συγκεκριμένες συνθήκες και πρωτόκολλα λειτουργίας. Είναι αφιερωμένο στην ανίχνευση και τον εντοπισμό ραδιοφάρων/πομπών που ενεργοποιούνται από άτομα, αεροσκάφη ή πλοία που βρίσκονται σε κίνδυνο, καθώς και τη διαβίβαση αυτών των πληροφοριών συναγερμού σε αρχές που μπορούν να αναλάβουν δράση για διάσωση. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα δίκτυο δορυφόρων που παρέχουν κάλυψη παντού στη Γη. Ανιχνεύονται ειδοποιήσεις κινδύνου, εντοπίζονται και προωθούνται σε περισσότερες από 200 χώρες και εδάφη, χωρίς κόστος στους ιδιοκτήτες αναγνωριστικών σημάτων ή στις κυβερνητικές υπηρεσίες που λαμβάνουν. Ο Cospas-Sarsat σχεδιάστηκε και ξεκίνησε από τον Καναδά, τη Γαλλία, τις Ηνωμένες Πολιτείες και την πρώην Σοβιετική Ένωση το 1979. Η πρώτη διάσωση που χρησιμοποιεί την τεχνολογία της Cospas-Sarsat πραγματοποιήθηκε τον Σεπτέμβριο του 1982. Η οριστική συμφωνία του οργανισμού υπογράφηκε την 1η Ιουλίου 1988.

Το Cospas-Sarsat είναι πιο γνωστό ως το σύστημα που ανιχνεύει και εντοπίζει φάρους έκτακτης ανάγκης που ενεργοποιούνται από αεροσκάφη, πλοία και άτομα που ασχολούνται με ψυχαγωγικές δραστηριότητες σε απομακρυσμένες περιοχές και, στη συνέχεια, στέλνει αυτές τις ειδοποιήσεις κινδύνου στις αρχές αναζήτησης και διάσωσης (Search and Rescue - SAR). Οι φάροι κινδύνου μπορούν να εντοπιστούν από το σύστημα Cospas-Sarsat (φάροι 406-MHz) διατίθενται από διάφορους κατασκευαστές και αλυσίδες πωλητών.



Σχήμα 38 Αρχιτεκτονική Λειτουργίας του Συστήματος Cospas-Sarsat

Μεταξύ Σεπτεμβρίου 1982 και Δεκεμβρίου 2019, το Σύστημα Cospas-Sarsat παρείχε βοήθεια στη διάσωση τουλάχιστον 51.429 ατόμων σε 15.523 συμβάντα SAR. Το 2017, 2018 και 2019 συμπεριλαμβάνεται η βοήθεια της Cospas-Sarsat σε ~2000-2700 πολίτες (έχουν διασωθεί).

Το σύστημα αποτελείται από ένα τμήμα εδάφους και ένα διαστημικό τμήμα που περιλαμβάνει:

- Ραδιοφάρων/πομπών για ενεργοποίηση σε περίπτωση απειλητικής για τη ζωή έκτακτης ανάγκης
- Επαναλήπτες σήματος SAR (SARR) και επεξεργαστές σήματος SAR (SARP) πάνω σε δορυφόρους
- Δορυφορικοί σταθμοί λήψης και επεξεργασίας σήματος επίγειοι σταθμοί που ονομάζονται LUT (τοπικά τερματικά χρηστών)
- Κέντρα ελέγχου αποστολής (MCC) που διανέμουν σε κέντρα συντονισμού διάσωσης δεδομένα συναγερμού κινδύνου (ιδίως δεδομένα θέσης φάρου) που παράγονται από τα LUT
- Κέντρα συντονισμού διάσωσης (RCC) που διευκολύνουν τον συντονισμό της υπηρεσίας SAR και της αντίδρασης του προσωπικού σε μια κατάσταση κινδύνου.

Ένας φάρος κινδύνου Cospas-Sarsat είναι ένας ψηφιακός πομπός ραδιοφώνου 406 MHz που μπορεί να ενεργοποιηθεί σε περίπτωση απειλητικής για τη ζωή έκτακτης ανάγκης για να καλέσει βοήθεια από κυβερνητικές αρχές. Οι πομποί ή αλλιώς 'beacons' κατασκευάζονται και πωλούνται από δεκάδες πωλητές. Κατατάσσονται σε τρεις κύριους τύπους. Ένας ραδιοφάρος 406 MHz σχεδιασμένος για χρήση σε αεροσκάφος είναι γνωστός ως πομπός εντοπισμού έκτακτης ανάγκης (ELT). Ο πομπός που έχει σχεδιαστεί για χρήση σε ένα θαλάσσιο σκάφος ονομάζεται ραδιοφάρος ένδειξης θέσης έκτακτης ανάγκης (EPIRB) και αυτό που έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρεται από ένα άτομο είναι γνωστό ως προσωπικό αναγνωριστικό σήμα (PLB). Μερικές φορές τα PLB μεταφέρονται σε αεροσκάφη ή πλοία, αλλά αν αυτό πληροί τις απαιτήσεις ασφαλείας εξαρτάται από τους τοπικούς κανονισμούς. Ένας ραδιοφάρος Cospas-Sarsat 406-MHz δεν εκπέμπει έως ότου ενεργοποιηθεί σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (ή όταν ενεργοποιούνται ορισμένα χαρακτηριστικά δοκιμών από τον χρήστη). Ορισμένοι ραδιοφάροι έχουν σχεδιαστεί για να ενεργοποιούνται χειροκίνητα από ένα άτομο που πατάει ένα

κουμπί και κάποιοι άλλοι έχουν σχεδιαστεί για αυτόματη ενεργοποίηση σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ., τα ELT μπορεί να ενεργοποιούνται αυτόματα από ένα φυσικό σοκ, όπως σε περίπτωση σύγκρουσης και τα EPIRBs μπορεί να ενεργοποιούνται αυτόματα ενεργοποιείται με επαφή με νερό). Το διαστημικό τμήμα συστήματος Cospas-Sarsat αποτελείται από όργανα SARR ή / και SARP (πομποί/δέκτες). Το δορυφορικό δίκτυο Cospas-Sarsat αποτελείται από τα εξής δορυφορικά μέσα:

- Πέντε δορυφόροι σε πολική γήινη τροχιά χαμηλού υψομέτρου με ωφέλιμα φορτία LEOSAR (τροχιά γης χαμηλής υψομέτρου αναζήτησης και διάσωσης)
- Δέκα δορυφόροι σε γεωστατική τροχιά της Γης με ωφέλιμα φορτία GEOSAR (γεωστατική Γήινη τροχιά αναζήτησης και διάσωσης)
- Περισσότεροι από 40 δορυφόροι σε τροχιά Γης μεσαίου υψομέτρου με ωφέλιμα φορτία MEOSAR (τροχιά αναζήτησης και διάσωσης μέσης υψομέτρου)

Ένα όργανο SARR ή SARP είναι ένα δευτερεύον ωφέλιμο φορτίο και συναφείς κεραίες που συνδέονται με αυτούς τους δορυφόρους ως συμπλήρωμα της πρωτεύουσας δορυφορικής αποστολής. Ένα όργανο SARR εκπέμπει σήμα κινδύνου φάρου σε δορυφορικό επίγειο σταθμό σε πραγματικό χρόνο. Ένα όργανο SARP καταγράφει τα δεδομένα από το σήμα κινδύνου, έτσι ώστε οι πληροφορίες να μπορούν να συγκεντρωθούν αργότερα από έναν σταθμό εδάφους όταν ο δορυφόρος περνά από πάνω.

2.5 Μετεωρολογία

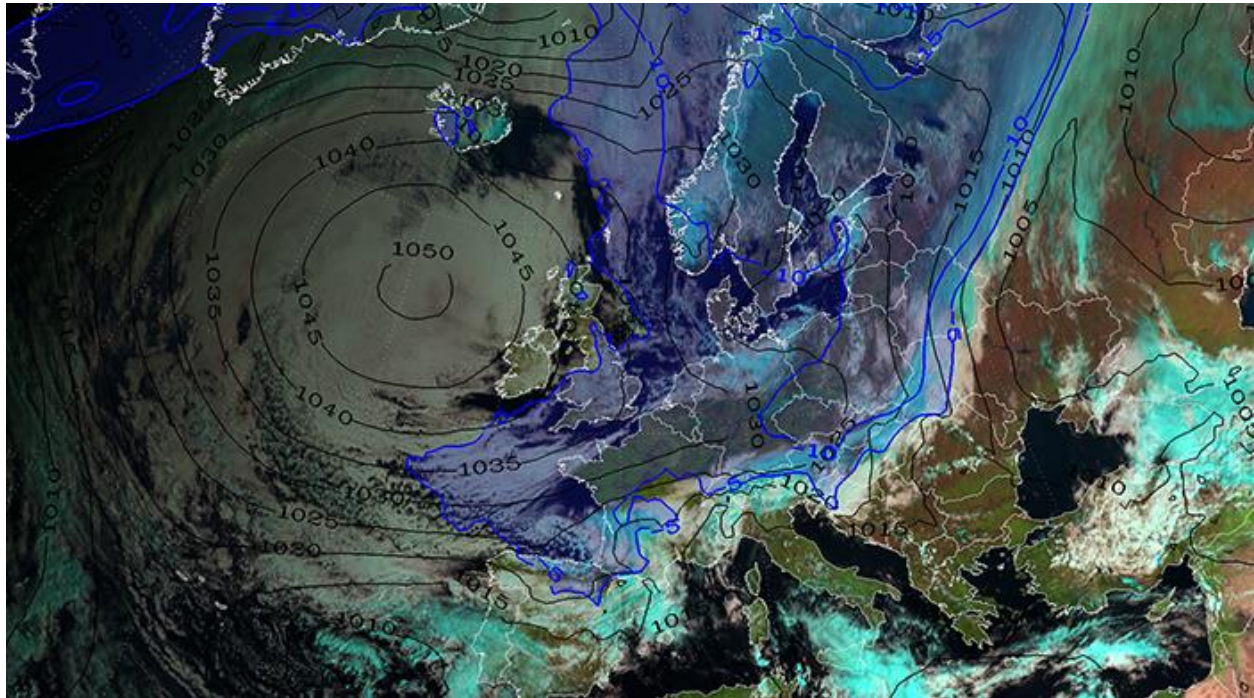
Μετεωρολογία, καιρός, ωκεανογραφία και χαρτογράφηση είναι πλέον ιδιαίτερα προηγμένη χάρη στα δορυφορικά μέσα.. Η ανάλυση των καιρικών συνθηκών, του εδάφους και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων είναι ένα κρίσιμο βήμα για την προετοιμασία και τη διεξαγωγή των επιχειρήσεων.

Μετεωρολογικοί δορυφόροι ή δορυφόροι καιρού ονομάζονται ειδικές διαστημικές μηχανές, σύγχρονα επιτεύγματα της διαστημικής, που εκτοξεύονται με διαστημικά οχήματα και θέτονται στη συνέχεια σε τροχιά γύρω από τη Γη, για την παρακολούθηση και πρόβλεψη των γήινων καιρικών φαινομένων. Στη σύγχρονη εποχή των διαστημικών ερευνών πράγματι λέξεις όπως "πύραυλος", "διαστημόπλοιο", "τεχνητός δορυφόρος" θεωρούνται πλέον συνήθεις και κοινότυπες αφού αποτελούν πλέον μέρος της καθημερινής ζωής. Η επιστήμη όμως που θεωρείται πως έχει ευεργετηθεί περισσότερο από κάθε άλλη από αυτή την δραστηριότητα είναι αναμφίβολα η Μετεωρολογία. Οι πληροφορίες που στέλνουν οι μετεωρολογικοί δορυφόροι ειδικά από το διάστημα είναι περισσότερο ικανές να προβλέψουν την εξέλιξη των καιρικών φαινομένων σε ένα τόπο για τις επόμενες 4, 5 ή και 10 ημέρες αυξάνοντας έτσι το εύρος της πρόγνωσης.

Τέτοιου είδους δυνατότητες θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές στην ανθρώπινη διαβίωση. Δεν θα πρέπει να λησμονείται ότι κύματα ψύχους, ή πλημμυρών, τυφώνες και άλλα φαινόμενα που κυριολεκτικά παραλύουν συχνά ολόκληρες ηπείρους θα μπορούν να είναι λιγότερο καταστροφικά αν υπάρχει έγκαιρη πρόβλεψη. Έτσι η περαιτέρω ανάπτυξη των μετεωρολογικών παρατηρήσεων, μέσω των δορυφόρων αυτών, καθιστούν συνέχεια περισσότερο μακροπρόθεσμη την πρόγνωση του καιρού. ρώτος τεχνητός δορυφόρος που εκτοξεύθηκε ειδικά για ανάγκες μετεωρολογίας ήταν το 1960 που έφερε το όνομα TIROS-1 ο οποίος και έστειλε στη Γη περίπου 23.000 φωτογραφίες. Από τότε εκατομμύρια άλλες φωτογραφίες έχουν σταλεί στη Γη από τους μετεωρολογικούς δορυφόρους που εκτοξεύθηκαν στη συνέχεια και τοποθετήθηκαν σε τροχιές γύρω από τη Γη. Οι δορυφόροι αυτοί θέτονται σε τροχιές περιστροφής με την ίδια ταχύτητα περιστροφής της Γης ούτως ώστε να βρίσκονται συνέχεια πάνω από το ίδιο σημείο του γήινου ισημερινού. Οι δορυφόροι αυτοί είναι διαφόρων εθνικοτήτων που σχηματίζουν μεταξύ τους ένα δίκτυο μετεωρολογικής παρατήρησης και πληροφόρησης για τη σφαιρική

κατανομή των καιρικών φαινομένων του πλανήτη Γη. Το σύστημα αυτό βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία όλο το 24ωρο, σε διάφορα μήκη κύματος, παρέχοντας έτσι πληροφορίες μέρα και νύκτα.

Νεότερες σειρές μετεωρολογικών δορυφόρων περισσότερο εξελιγμένοι άνοιξαν πραγματικά νέους ορίζοντες στους μετεωρολόγους. Όπως σημειώνει χαρακτηριστικά σε διαλέξεις του ο διακεκριμένος επιστήμονας και διευθυντής του Ευγενιδείου Πλανηταρίου, Διονύσης Σιμόπουλος "οι σύγχρονοι μετεωρολογικοί δορυφόροι ξεπερνούν κάθε προηγούμενο αφού οι δυνατότητές τους σε σχέση μ' εκείνον του 1960 είναι όσο το ακόντιο με το πολυβόλο"!



Σχήμα 39: Καιρική Εικόνα της Ευρώπης από τον METEOSAT-11, με μέτωπο παγετού να κατευθύνεται νοτιοανατολικά (COLD SPELL IN EUROPE, METEOSAT-11 NATURAL COLOUR RGB, 30 MARCH 09:00 UTC)

Σήμερα ένας ολόκληρος στόλος από σύγχρονους μετεωρολογικούς δορυφόρους λειτουργεί κάτω από την επίβλεψη της Ευρώπης, των ΗΠΑ, της Ρωσίας, της Κίνας, της Ιαπωνίας αλλά και της Ινδίας. Συγκεκριμένα:

1. Ευρώπης, κινούνται ήδη τρεις παλαιότεροι δορυφόροι οι Μετεοστάτ 5, 6 και 7, ένας νεότερος ο MSG-1 και ο ακόμα πιο εξελιγμένος, ο "Μέτοπ 1" (Metop-1) που παρέχουν πολύ ανώτερης ποιότητας παρατηρήσεις. Σύνολο 5.
2. ΗΠΑ, λειτουργού σήμερα οι GOES-8, 10, 11 και 12, και οι NOAA-12, 15 και 16. Σύνολο 7
3. Ρωσίας, λειτουργούν οι περιορισμένοι δυνατοτήτων (λόγω τροχιάς) Meteor-2 και 3, ο νεότερος Meteor-3M-N1 και ο τελευταίος, πλέον σύγχρονος, GOMS-N2. Σύνολο 4.
4. Κίνας, υπεύθυνη για την παρακολούθηση των παρατηρήσεων των FY-2A, FY-2B, FY-1C, του νεότερου FY-1D και του πλέον σύγχρονου FY-3A. Σύνολο 5.
5. Ινδίας, λειτουργούν οι InSat-1D, InSat-2B ο νεότερος InSat-3A και οι τελευταίοι νέας γενιάς MetSat-1R και InSat-3D. Σύνολο 5
6. Ιαπωνία, που έχει την ευθύνη του GMS-5 και των δύο τελευταίας γενιάς δορυφόρων MTSAT-1R και MTSAT-2. Σύνολο 3.

Οι τελευταίας γενιάς μετεωρολογικοί δορυφόροι είναι εφοδιασμένοι με πλείστα ηλεκτρονικά όργανα όχι μόνο αυτόματης ανάλυσης και καταγραφής φωτογραφιών αλλά και λήψης συγκέντρωσης και ανάλυσης εκπομπών γήινων αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται σε απρόσιτες περιοχές (π.χ. ερήμους, θάλασσες, πολικές ζώνες, απρόσιτες κορφές οροσειρών κλπ) που περιέχουν αναγκαία φυσικά τοπικά μεγέθη όπως η θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία ατμόσφαιρας, ταχύτητα και φορά ανέμων κ.λπ. Έτσι επιτυγχάνεται συλλογή πλούσιου υλικού που μετά από ηλεκτρονική επεξεργασία, σε πολλές των περιπτώσεων οι δορυφόροι αυτοί να παραδίδουν (συντάσσουν) ακόμη και τον μετεωρολογικού χάρτη πρόβλεψης καιρού συγκεκριμένου τόπου και χρόνου. Με τις δορυφορικές παρατηρήσεις των παραπάνω μετεωρολογικών δορυφόρων διαμορφώνονται οι σύγχρονοι καθημερινοί μετεωρολογικοί χάρτες ταχύτερα και σε συντομότερα διαστήματα.

DRAFT

3.0 Η Αγορά/Οικονομία του Διαστήματος

Η παγκόσμια αγορά (οικονομία) του διαστήματος είναι περίπου 345 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2016, με το ένα τρίτο από αυτά να είναι κρατικοί προϋπολογισμοί και τρία τέταρτα εμπορικά έσοδα. Κοντά στα 50 είναι τα έθνη έχουν κρατικούς διαστημικούς προϋπολογισμούς, με εννέα από αυτά άνω του 1 δισεκατομμυρίου δολαρίων και σχεδόν 20 κάτω από τα 100 εκατομμύρια δολάρια. Πέντε τάσεις ξεχωρίζουν στη σημερινή διαστημική οικονομία: δημιουργία τεχνολογικών εξελίξεων με προσδοκίες για αποδοτικότερες (και επομένως προσοδοφόρες) διαστημικές δραστηριότητες, αυξημένες ιδιωτικές επενδύσεις από επενδυτές που είναι νέοι στο διάστημα, μια παγκόσμια οικονομία που είναι όλο και περισσότερο εξαρτώνται από δεδομένα με διαφορετικές επιπτώσεις στις διαστημικές δυνατότητες και τις αγορές, όλο και πιο ευρέως διαδεδομένο όραμα του διαστήματος ως μετασχηματισμού για την ανθρωπότητα και στρατιωτική/στρατηγικές εξελίξεις γύρω από το διάστημα ως στρατηγικό 'έδαφος'. Οι παγκόσμιες διαστημικές αγορές/τάσεις με βάση τη μελλοντική ανάπτυξη είναι:

- Ευρυζωνική σύνδεση καταναλωτών (consumer broadband)
- Διαχειριζόμενες υπηρεσίες
- Αναλυτικά δεδομένα με βάση τη γεωσκόπηση
- Δορυφορικό ραδιόφωνο
- Συσκευές και εφαρμογές πλοήγησης
- Επίγνωση της κατάστασης στο διάστημα (κυκλοφορία δορυφόρων, διαστημικών συντριμμιών)
- Κατασκευή μικροδορυφόρων (μάζα δορυφόρου < 500kg)
- Πιθανά οφέλη από εγκατάσταση εκτόξευσης
- Εξόρυξη μετάλλων/υλικών από αστεροειδή-μετεωρίτες

Όπως αναφέραμε, η παγκόσμια αγορά (οικονομία) του διαστήματος είναι περίπου 345 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2016, με το ένα τρίτο από αυτά να είναι κρατικοί προϋπολογισμοί και τρία τέταρτα εμπορικά έσοδα.

3.1 Δημόσια/κρατικά προγράμματα διαστημικής

Οι κρατικές/δημόσιες διαστημικές δραστηριότητες περιλαμβάνουν στρατιωτικές εφαρμογές για τηλεπαρατήρηση, επικοινωνίες και άλλες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της πρόγνωσης καιρού, επιστήμη του διαστήματος και ανθρώπινη εξερεύνηση του διαστήματος (human exploration). Επιπλέον, οι κυβερνήσεις, ιδιαίτερα εκείνων των Ηνωμένων Πολιτειών και της Ευρώπης, προμηθεύονται επίσης εμπορικές υπηρεσίες, όπως εκτοξεύσεις, δορυφορικές εικόνες και επικοινωνίες. Ιστορικά, πολλές κυβερνήσεις έχουν αναλάβει ρόλο ανάπτυξης δορυφορικών επικοινωνιών μέσω τηλεφωνικών οργανισμών, οι οποίοι σε πολλές περιπτώσεις έχουν ιδιωτικοποιηθεί. Οι κυβερνήσεις επίσης επιδιώκουν την τόνωση της οικονομικής ανάπτυξης μέσω του διαστημικών δραστηριοτήτων/προγραμμάτων.

Οι εννέα εθνικοί διαστημικοί προϋπολογισμοί (θεωρώντας συλλογικά την Ευρώπη) υπερβαίνουν 1 δισεκατομμύριο δολάρια: αυτά των Ηνωμένων Πολιτειών, της Κίνας, της Ευρώπης (συλλογικά), Ρωσία, Ινδία, Ιαπωνία, Γαλλία, Γερμανία και Ιταλία. Οι Ηνωμένες Πολιτείες οδηγούν στις κυβερνητικές δαπάνες διαστήματος, με εκτιμώμενα 48 δισεκατομμύρια δολάρια. Η Κίνα ακολουθεί τα 11 δισεκατομμύρια δολάρια, με τον προϋπολογισμό να διατίθεται στον στρατιωτικό και πολιτικό διαστημικό οργανισμό που υποστηρίζεται από μία μόνο οντότητα που ονομάζεται China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC). Ο διαστημικός προϋπολογισμός του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA) είναι περίπου 7 δισεκατομμύρια δολάρια. Η ESA λαμβάνει συνεισφορές από 22 κράτη μέλη, κάθε κράτος συνεισφέρει κεφάλαια βάσει του ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ). Ο προϋπολογισμός της Ρωσίας σημείωσε σημαντική μείωση το 2016 (μέρος ενός σχεδίου που αποσκοπεί στη μείωση των πολυετών

κυβερνητικών δαπανών υπό το φως της πτώσης των τιμών του πετρελαίου) και εκτιμάται ότι ανέρχεται σε περίπου 4 δισεκατομμύρια δολάρια. Το 2013, η Ρωσία άρχισε να εδραιώνει τη διαστημική βιομηχανία της φέρνοντας τους διαστημικούς εργολάβους/εταιρείες κάτω υπό μια οργάνωση-ομπρέλα που ονομάζεται Roscosmos, ολοκληρώνοντας τη διαδικασία το 2016. Οι διαστημικές δυνάμεις του υψηλότερου επιπέδου - οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Κίνα, η Ευρώπη και η Ρωσία - είναι οι κορυφαίες στον κόσμο γεωπολιτική και ταυτόχρονα σημαντικές οικονομικές δυνάμεις. Διαθέτουν το πλήρες φάσμα διαστημικών δυνατοτήτων απαραίτητων για τη διατήρηση και ενίσχυση της στρατιωτικής και οικονομικής τους δύναμης και του κύρους τους. Άλλες διαστημικές δυνάμεις όπως η Ινδία, η Ιαπωνία, η Γαλλία, η Γερμανία και η Ιταλία διαθέτουν τεχνικές ικανότητες που ανταγωνίζονται και σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνούν αυτές των κορυφαίων διαστημικών δυνάμεων (σε περιοχές όπως παγκόσμιες δορυφορικές υπηρεσίες πλοήγησης ή GNSS, συλλογή πληροφοριών/εικόνων, και διαστημική επίγνωση), αλλά τα προγράμματά τους είναι μικρότερα σε κλίμακα και προϋπολογισμό. Οι στρατηγικές διαστημικών επενδύσεων για αυτές τις χώρες ποικίλλουν. Το πρόγραμμα της Ινδίας (με προϋπολογισμό άνω των 4 δισεκατομμυρίων δολαρίων) αντικατοπτρίζει την από καιρό αυτάρκεια που έχει αποκτήσει η Ινδία, την οικονομική ανάπτυξη, και στρατηγικούς-στρατιωτικούς στόχους, αν και τα τελευταία χρόνια η Ινδία προσπάθησε να ενισχύσει τους στόχους της και το διεθνές κύρος αναλαμβάνοντας αποστολές στη Σελήνη και τον Άρη. Για την Ιαπωνία (με προϋπολογισμό άνω των 3 δισεκατομμυρίων δολαρίων), τα επιστημονικά και τεχνικά επιτεύγματα ήταν παραδοσιακά το κύριο επίκεντρο, αλλά η απειλή της Βόρειας Κορέας έχει ωθήσει το Τόκιο να συνεχίσει προγράμματα που έχουν περισσότερο στρατιωτικό χαρακτήρα (π.χ. δορυφόρους τηλεπαρατήρησης). Η Ιαπωνία και η Ινδία έχουν τη δικές τους εγχώριες δυνατότητες εκτόξευσης, ενώ η Γαλλία, η Γερμανία και η Ιταλία, με διαστημικούς προϋπολογισμούς 2,4 δισεκατομμυρίων δολαρίων, 1,6 δισεκατομμύρια και 1,2 δισεκατομμύρια δολάρια αντίστοιχα, είναι οι κορυφαίοι εταίροι της ArianeGroup, της Ευρώπης έναρξη κοινοπραξίας που διαχειρίζεται τους διαστημικούς φορείς Ariane 5/6, VEGA που εκτοξεύονται από την Γαλλική Γουιάνα στην Νότιο Αμερική με την υποστήριξη και χρηματοδότηση του ΕΟΔ και ΕΕ.

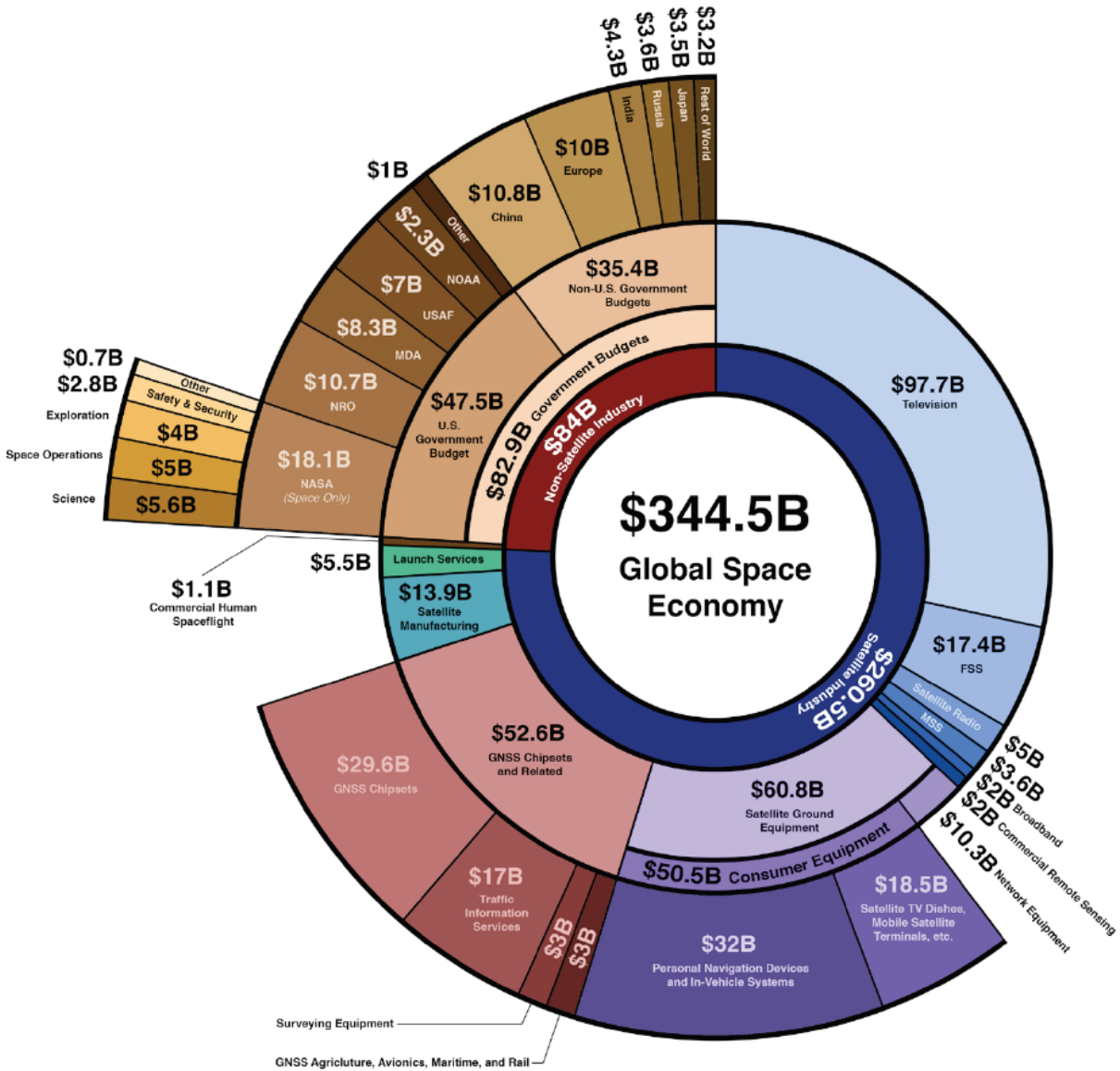
Όλα αυτά τα έθνη με διαστημικούς προϋπολογισμούς άνω του 1 δισεκατομμύριο έχουν ανθρώπινα προγράμματα επανδρωμένων διαστημικών πτήσεων, εγχώριες δυνατότητες εκτόξευσης (σημειώνοντας ότι η Γαλλία, η Γερμανία και η Ιταλία το επιτυγχάνουν μέσω της συμμετοχής τους στο ESA), και σημαντικά εθνικά διαστημικά συστήματα ασφαλείας. Οι δυνατότητες τείνουν να είναι διαφορετικές μεταξύ των μεγαλύτερων διαστημικών παραγόντων και της επόμενης βαθμίδας (με προϋπολογισμούς κάτω του 1 δισεκατομμυρίου). Από τα 40 περίπου έθνη με διαστημικούς προϋπολογισμούς κάτω από 1 δισεκατομμύριο δολάρια, πέντε έχουν εγχώρια δυνατότητα εκτόξευσης (Ισραήλ, Νότια Κορέα, Βόρεια Κορέα, Ιράν και, ενδεχομένως, Νέα Ζηλανδία) αλλά κανένα από αυτά δεν έχει πρόγραμμα επανδρωμένης διαστημικής πτήσης (σημειώνοντας ότι πολλές ευρωπαϊκές χώρες και Ο Καναδάς συμβάλλει είτε μέσω της NASA είτε του ESA σε αυτό το θέμα). Ορισμένες χώρες, όπως Το Ισραήλ και η Τουρκία λειτουργούν δορυφόρους τηλεπαρατήρησης με σημαντικές ικανότητες.

3.2 Εμπορικές Δραστηριότητες

Η εμπορική διαστημική οικονομία κυριαρχείται από τις υπηρεσίες και τα προϊόντα που παρέχουν δορυφόροι: δορυφορική τηλεόραση σε σπίτια, ευρυζωνικές συνδέσεις, παρακολούθηση κινητών στοιχείων (mobile asset tracking), κινητή τηλεφωνία/επικοινωνίες και συνδέσεις δεδομένων για οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Η ώριμος πλέον δορυφορική βιομηχανία περιλαμβάνει επίσης δορυφορικές κατασκευές, υπηρεσίες εκτόξευσης και επίγειο εξοπλισμό (δορυφορικοί σταθμοί). Επιπλέον, εμφανίστηκαν νέα επιχειρηματικά μοντέλα και δυνατότητες δορυφόρων τα τελευταία χρόνια, που βρίσκονται ακόμη σε μεγάλο βαθμό στη φάση επενδύσεων και ανάπτυξης (δηλαδή χωρίς να παράγονται ουσιαστικά έσοδα). Αρκετές εταιρείες και κυβερνητικές υπηρεσίες επιδιώκουν να

εξυπηρετούνται/ανεφοδιάζονται δορυφόροι σε τροχιά. Δεκάδες μεγάλες συστοιχίες (constellations) μικρών δορυφόρων (δεκάδες ή εκατοντάδες κιλιά σε μέγεθος, αντί χιλιάδες) αναπτύσσονται /κατασκευάζονται να παρέχουν νέες υπηρεσίες τηλεπαρατήρησης και επικοινωνιών με παγκόσμια κάλυψη, όπως και πολύ μικρά οχήματα εκτόξευσης με στόχο την εκτόξευσή τους. Νέες διαστημικές εφαρμογές (downstream) βασιζόμενοι σε προηγμένα αναλυτικά δεδομένα και μηχανική μάθηση σχεδιάζονται να εκμεταλλευτούν νέα δορυφόρο δεδομένα (big data) για την παροχή πληροφοριών για την επίγεια οικονομία, καθώς και για την παροχή δεδομένων επίγνωσης της κυκλοφορίας διαστημικών οχημάτων/αντικειμένων σε τροχιά (space situational awareness). Πέρα από τη βιομηχανία δορυφόρων, ο εμπορικός τομέας περιλαμβάνει επίσης τις επανδρωμένες διαστημικές πτήσεις, πλατφόρμες, κατασκευή δορυφόρων, εξόρυξη και χρήση διαστημικών πόρων (πλανήτες/αστεροειδής) και άλλες αγορές. Αυτά τα οι αγορές βρίσκονται σε σχετικά πρώιμο στάδιο, προσελκύοντας αρχικές επενδύσεις και εξακολουθούν να αναζητούν ισχυρά επιχειρηματικά σχέδια (business case) ενόψει της αβέβαιης ή ρευστής ζήτησης. Συνήθως, απαιτούν υψηλές κεφαλαιακές δαπάνες. Αυτοί οι παράγοντες αυξάνουν τον επιχειρηματικό τους κίνδυνο. Ο εμπορικός διαστημικός τομέας αντιπροσωπεύει περίπου 262 δισεκατομμύρια δολάρια του ετήσιου παγκόσμιου διαστημική οικονομία, προερχόμενα σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη δορυφορική βιομηχανία.

Τα δορυφορικά έσοδα έχουν περισσότερο από υπερδιπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία, αν και η ανάπτυξη έχει επιβραδυνθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης (2012-2016). Τα δορυφορικά έσοδα κυριαρχούνται από δύο τεράστιες δορυφορικές αγορές: απευθείας στο σπίτι δορυφορική τηλεόραση (Direct to Home TV - DTH, περίπου 100 δισεκατομμύρια \$) και προϊόντα και υπηρεσίες παγκόσμιας δορυφορικής πλοήγησης - GNSS (περίπου 85 δισεκατομμύρια δολάρια, προσμετρώντας τις αυτόνομες συσκευές πλοήγησης και υποστηριζόμενα chipset GNSS που υποστηρίζουν υπηρεσίες προσδιορισμού τοποθεσίας σε κινητές συσκευές, συστήματα κυκλοφορίας, αεροσκάφη, θαλάσσια σκάφη/οχήματα, τοπογραφία, και σιδηροδρομικές μεταφορές). Το GNSS πρωτοστάτησε στην ανάπτυξη, με αύξηση κατά 60% στα έσοδα, κατά την πενταετή περίοδο που έληξε το 2016, από 53 δισεκατομμύρια δολάρια σε 85 δισεκατομμύρια δολάρια. Η αγορά DTH αυξήθηκε κατά 11% σε σχέση με το την ίδια περίοδο, από 88 δισεκατομμύρια \$ σε 98 δισεκατομμύρια δολάρια. Άλλες δορυφορικές αγορές περιλαμβάνουν το δορυφορικό ραδιόφωνο (υπηρεσία ψηφιακού ραδιοφώνου ή DARS), δορυφορική ευρυζωνική σύνδεση, μίσθωση αναμεταδοτών, διαχειριζόμενες υπηρεσίες δικτύου και κινητή δορυφορική υπηρεσία (MSS), με συνολικά έσοδα περίπου 28 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Οι ταχύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης προέρχονται από τους μικρότερους, λιγότερο ώριμους υποτομείς όπως οι διαχειριζόμενες υπηρεσίες δικτύου, οι οποίες περιλαμβάνουν σύνδεση στο διαδίκτυο κατά την πτήση (αύξηση 35% για τα πέντε έτη που λήγει το 2016), ευρυζωνική σύνδεση (33%), κινητές επικοινωνίες (50%) και παρατήρηση γης (Earth Observation - EO) (54%). Αυτοί οι υποτομείς αντιπροσωπεύουν σήμερα ένα μικρό μέρος της συνολικής αγοράς υπηρεσιών. Η ευρυζωνικές συνδέσεις αντιπροσωπεύουν το 1,6% του συνόλου, ενώ τα κινητή τηλεφωνία και η παρατήρηση γης (EO) είναι 3% και 1,6% αντίστοιχα. Οι λειτουργίες υποδομών για την κατασκευή και εκτόξευση δορυφόρων αποτελούν λιγότερο από το 10% των εμπορικών εσόδων, με έσοδα από δορυφορικές κατασκευή 13,9 \$ δισεκατομμύρια και από υπηρεσίες εκτόξευσης έσοδα ύψους 5,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Επιπλέον έσοδα δημιουργούνται από το ευρύ φάσμα εφαρμογών και επιχειρήσεων που κατά κάποιο τρόπο χρησιμοποιούν διαστημικές δυνατότητες ή δεδομένα. Αυτές οι ποικίλες δραστηριότητες, που κυμαίνονται από μετεωρολογικές προβλέψεις που υποστηρίζονται από τη διαφήμιση, έως τον ακριβή χρόνο για τραπεζικές συναλλαγές, σε παιχνίδια και υπηρεσίες βάσει τοποθεσίας, αλλά και πωλήσεις εκτυπώσεων και έργων τέχνης διαστημικών εικόνων, είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν συστηματικά και ρεαλιστικά.



Σχήμα 40: Η Αγορά του Διαστήματος (2016)³

³ https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-03/global_space_industry_dynamics_-_research_paper.pdf

3.3 Ιδιωτικές Επενδύσεις – Εποχή ‘New Space’

Ένας αριθμός αναπτυσσόμενων, νέων εμπορικών δραστηριοτήτων, οι οποίες δεν παράγουν ακόμη σημαντική έσοδα, προσελκύουν επενδύσεις. Αυτές οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν δορυφορική εξυπηρέτηση/ανεφοδιασμό σε τροχιά με καύσιμα ή υποσυστήματα (π.χ. μπαταρίες), πλατφόρμες, εξόρυξη διαστήματος / αξιοποίηση πόρων, επίγνωση κατάστασης διαστημικών οχημάτων σε τροχιά, έρευνα στο διάστημα και κατασκευές σε τροχιά και άλλα. Οι επενδυτές στοχεύουν επίσης σε νέα προϊόντα στις τηλεπικοινωνίες και στην τηλεπαρατήρηση (ΕΟ). Οι επενδύσεις σε εμπορικές διαστημικές δραστηριότητες αυξήθηκαν τα τελευταία χρόνια, με ιδιαίτερη έμφαση στο δυναμικό των διαστημικών υποδομών χαμηλότερου κόστους όπως μικρότεροι, φθηνότεροι δορυφόροι (μικροδορυφόροι) και επαναχρησιμοποιήσιμα οχήματα εκτόξευσης. Οι επιχειρήσεις τηλεπικοινωνιών που συνδυάζουν μικρούς δορυφόρους και μεγάλους αστερισμούς/συστοιχίες δορυφόρων έχουν προσέλκυσε μερικές από τις μεγαλύτερες επενδύσεις. Οι OneWeb και SpaceX, μεταξύ άλλων εταιρειών, έχουν δηλώσει σχέδια για ανάπτυξη των λεγόμενων mega-αστερισμών για πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο. Η OneWeb και η SpaceX είδαν και οι δύο πρόσφατες επενδυτικές συμφωνίες δισεκατομμυρίων δολαρίων. Τρεις τύποι επενδυτών, με διαφορετικά κίνητρα, διαμορφώνουν τον νέο εμπορικό χώρο τοπίο, επενδύοντας σχεδόν 3 δισεκατομμύρια δολάρια το 2016 και σχεδόν 8 δισεκατομμύρια δολάρια τα τελευταία πέντε χρόνια.

Επενδυτές όπως ο Elon Musk, ο Richard Branson και ο Jeff Bezos, χρησιμοποιούν τη δύναμη και το κεφάλαιό τους για την προώθηση του εμπορικού διαστημικού τομέα. Αυτοί οι επενδυτές παρακινούνται από την επιθυμία να δημιουργήσουν μια μεταμορφωτική ανθρώπινη εμπειρία. Επικεντρώνονται σε μεγάλο βαθμό στη διευκόλυνση της πρόσβασης στο διάστημα και στη δημιουργία ευκαιριών για επανδρωμένα διαστημικά ταξίδια. Οι προσεγγίσεις τους ήταν διαφορετικές: το SpaceX έχει εισέλθει σε πολλαπλές και διαφορετικές αγορές (συμπεριλαμβανομένων των κυβερνητικών αγορών), με βάση την εμπορική επιτυχία και απόδοση σε κάθε στάδιο. Επενδυτές και μελλοντικοί πελάτες (μέσω προκαταβολών για υποτροχιακές επανδρωμένες πτήσεις) έχουν χρηματοδοτήσει το μακρό χρονικό πλαίσιο ανάπτυξης της Virgin Galactic που στοχεύει να παρέχει υπηρεσίες διαστημικού τουρισμού με την παροχή υποτροχιακών διαστημικών πτήσεων με 3-5 τουρίστες/επιβάτες. Η Blue Origin βασίστηκε σχεδόν εξ ολοκλήρου στις βαθιές τσέπες του ιδρυτή Jeff Bezos. Όλη αυτή η κατάσταση δημιουργεί μια ενίσχυση των δυνατοτήτων εκτόξευσης αυτό που θα περιμέναμε να δούμε από την τυπική εμπορική δυναμική και τις κεφαλαιαγορές. Οι εταιρικοί στρατηγικοί επενδυτές επενδύουν για συνδυασμό οικονομικών αποδόσεων και άλλα οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των πλεονεκτημάτων πλατφόρμας (οικοδόμηση σχέσης με έναν πελάτη, προμηθευτή, ή συνεργάτη), ευθυγράμμιση επωνυμίας (branding) και έλεγχος των διαταραχών της δυναμικής της αγοράς. Για παράδειγμα, πολλές εταιρείες επένδυσαν συνολικά 500 εκατομμύρια δολάρια στην OneWeb το 2015, από την Coca-Cola έως την Qualcomm. Οι εταιρείες επενδύουν επίσης στα δικά τους νέα προϊόντα και υπηρεσίες. Ένα πρόσφατο παράδειγμα είναι η επιχείρηση εξυπηρέτησης/ανεφοδιασμού μέσω δορυφόρου της Orbital ATK. Οι επενδυτές επιχειρηματικών κεφαλαίων που αναζητούν οικονομικά ζητούν τις καλύτερες αποδόσεις και είναι πρόθυμοι να δεχτούν σχετικά υψηλό επίπεδο κινδύνου. Οι επενδυτές επιχειρήσεων στο διάστημα προσελκύνθηκαν από δυνητικά προσοδοφόρες νέες αγορές (συνήθως βασίζονται σε αναλύσεις δεδομένων), σε συνδυασμό με βελτιωμένες δομές κόστους, συμπεριλαμβανομένων δορυφόρων χαμηλότερου κόστους, οχημάτων εκτόξευσης, εμπορικά εξαρτήματα (commercial off the shelf – COTS), στιβαρές αρχιτεκτονικές που επιτρέπουν μείωση του κόστους και αποδοχής υψηλότερης αστοχίας ανά δορυφόρο και ούτω καθεξής. Οι τυπικές επενδύσεις είναι τα εκατομμύρια ή δεκάδες εκατομμύρια δολάρια, αν και μερικές πολύ μεγαλύτερες επενδύσεις έχουν γίνει, όπως στην περίπτωση της OneWeb. Η μελλοντική απόδοση αυτών των νέων εταιρειών είναι αβέβαιη. Πολλές επιχειρήσεις που χρηματοδοτούνται από εταιρείες Venture Capitalist (έως και 3 στις 4) αποτυγχάνουν. Οι διαστημικές εταιρείες αντιμετωπίζουν επιχειρηματική αβεβαιότητα από την παροχή νέων προϊόντων και υπηρεσιών

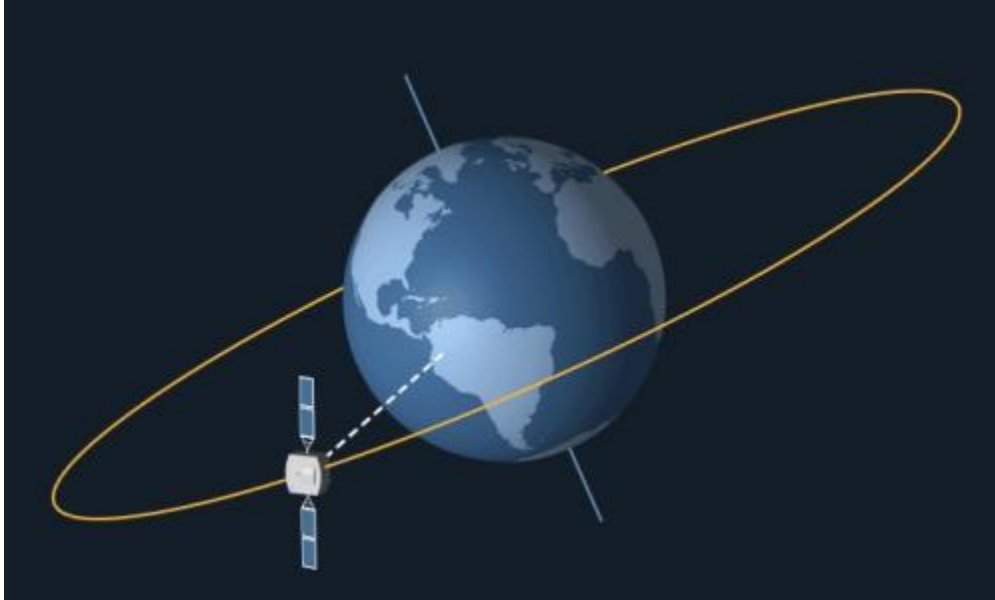
σε νέες αγορές, τεχνολογικά εμπόδια, και το φαινόμενο ντόμινο της αλληλεξάρτησης των οικοσυστημάτων (δηλαδή, μια διαστημική εταιρεία, σαν ένας μικρός πάροχος εκτόξευσης, βασίζεται στην επιτυχία μιας άλλης διαστημικής εταιρείας, όπως κατασκευαστή/χειριστή μικροδορυφόροι). Στον προγραμματισμό, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι όλο και περισσότερο το δυναμικό διαστημικό οικοσύστημα θα δει τόσο τις επιτυχίες όσο και τις αποτυχίες.

DRAFT

4.0 Βασικές Έννοιες Μηχανικής

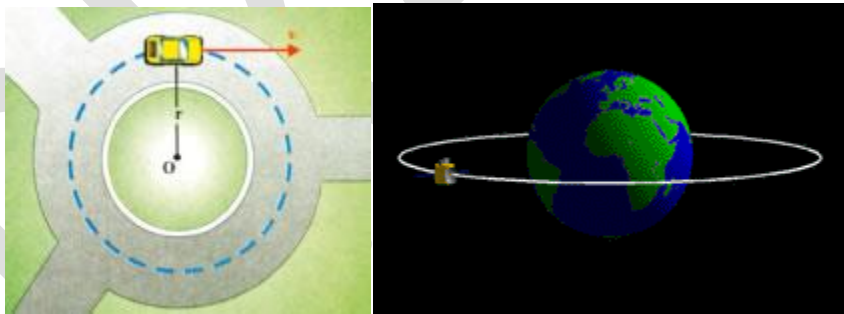
4.1 Ομαλή κυκλική κίνηση

Ένα κινητό κάνει κυκλική κίνηση όταν η τροχιά που διαγράφει είναι περιφέρεια κύκλου (Σχ. 39).



Σχήμα 41: Δορυφόρος σε κυκλική Γεωστατική τροχιά με σταθερή ταχύτητα

Η πιο απλή από τις κυκλικές κινήσεις είναι η ομαλή κυκλική (Σχ. 42).



Σχήμα 42 (Αριστερά) Το αυτοκίνητο κινείται στην κυκλική πλατεία με σταθερή ταχύτητα (Δεξιά) Δορυφόρος σε κυκλική τροχιά ισημερινού με σταθερή ταχύτητα

Ομαλή χαρακτηρίζεται η κυκλική κίνηση ενός κινητού, όταν η τιμή της ταχύτητάς του παραμένει σταθερή. Ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό για να κάνει μία περιφορά, λέγεται περίοδος της κυκλικής κίνησης και συμβολίζεται με T . Ο αριθμός των περιφορών που εκτελεί το κινητό στη μονάδα του χρόνου λέγεται συχνότητα της κυκλικής κίνησης και συμβολίζεται με f . Από τον ορισμό της συχνότητας προκύπτει ότι η περίοδος και η συχνότητα συνδέονται με τη σχέση:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Μονάδα της συχνότητας είναι ο κύκλος ανά δευτερόλεπτο (c/s) που λέγεται 1Hz (Χερτζ) προς τιμή του φυσικού Hertz που θεωρείται ένας από τους πρωτοπόρους στη μελέτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Πολλαπλάσια της μονάδας αυτής είναι:

$$1\text{kHz} = 10^3\text{Hz}, 1\text{MHz} = 10^6\text{Hz}, 1\text{GHz} = 10^9\text{Hz}.$$

Η ομαλή κυκλική κίνηση είναι γνωστή σε όλους μας. Τέτοια κίνηση κάνει το άκρο του λεπτοδείκτη του ρολογιού, ένα σημείο του περιστρεφόμενου δίσκου στο πικάπ ή ένας δορυφόρος σε τροχιά κ.τ.λ. Η ομαλή κυκλική κίνηση εντάσσεται σε μία μεγάλη κατηγορία κινήσεων που λέγονται περιοδικές. Μία τέτοια κίνηση έχει το χαρακτηριστικό ότι επαναλαμβάνεται η ίδια στον ίδιο πάντα χρόνο που λέγεται περίοδος (T).

Γραμμική ταχύτητα

Σύμφωνα με τον ορισμό της ομαλής κυκλικής κίνησης η τιμή της ταχύτητας του κινητού παραμένει σταθερή, ενώ η κατεύθυνσή της μεταβάλλεται συνεχώς, επειδή κάθε στιγμή είναι εφαπτόμενη στην τροχιά (Σχ. 43α). Άρα τα διανύσιμα τόξα είναι ανάλογα των χρόνων στους οποίους διανύονται. Μπορούμε συνεπώς να γράψουμε:

$$s = v \cdot t \quad (2)$$

Επομένως το μέτρο της ταχύτητάς του, που ονομάζεται γραμμική ταχύτητα θα είναι:

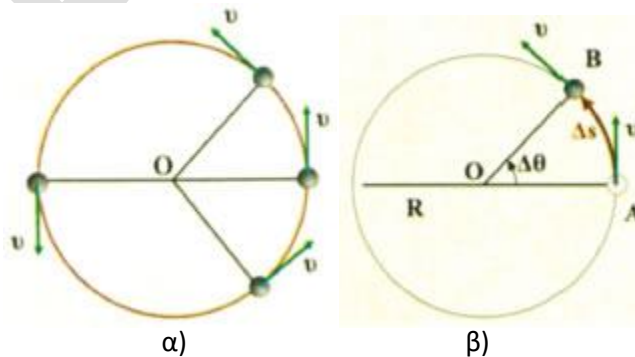
$$v = \frac{s}{t} \quad (3)$$

Αν στον τελευταίο τύπο θέσουμε $t = T$, τότε το τόξο που θα διανύσει το κινητό θα έχει μήκος $s = 2 \cdot \pi \cdot R$ (το μήκος της περιφέρειας της κυκλικής τροχιάς), οπότε:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} \quad (4)$$

Ας υποθέσουμε ότι τη χρονική στιγμή $t = 0$ το κινητό βρίσκεται στη θέση Α και μετά από χρόνο t , κινούμενο κατά τη φορά που φαίνεται στην εικόνα β, με γραμμική ταχύτητα v , βρίσκεται στη θέση Β, έχοντας διανύσει το τόξο Δs . Η θέση του κινητού πάνω στην τροχιά του μπορεί να προσδιορισθεί, κάθε στιγμή, με δύο τρόπους (Σχ. 43β):

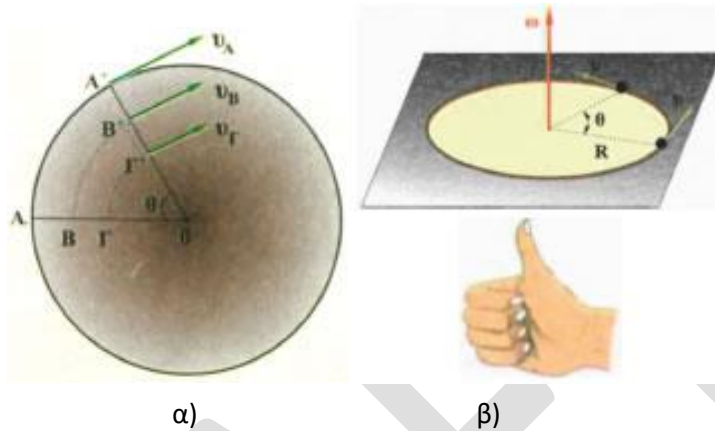
- 1) Με τη μέτρηση του μήκους του τόξου ΑΒ ($\Delta s = v \cdot \Delta t$).
- 2) Με τη μέτρηση της γωνίας ΑÔΒ ($\text{AÔB} = \Delta \theta$) την οποία διαγράφει μία ακτίνα, που θεωρούμε ότι συνδέει κάθε στιγμή το κινητό με το κέντρο της τροχιάς του (επιβατική ακτίνα). Έτσι όταν το κινητό θα έχει “διανύσει” τόξο μήκους Δs η επιβατική ακτίνα θα έχει “διαγράψει” επίκεντρη γωνία $\Delta \theta$.



Σχήμα 43: Γραμμική Ταχύτητα

Γωνιακή ταχύτητα

Ας θεωρήσουμε το σχήμα της εικόνας (Σχ. 44α) όπου φαίνεται ένας δίσκος που περιστρέφεται και τα σημεία του κάνουν ομαλή κυκλική κίνηση. Έστω τρία σημεία A, B και Γ του δίσκου που βρίσκονται πάνω στην ίδια ακτίνα. Σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, τα τρία σημεία βρίσκονται στις θέσεις A', B' και Γ' αντίστοιχα και έχουν διαγράψει την ίδια γωνία θ. Ωστόσο τα μήκη των αντίστοιχων τόξων AA', BB', ΓΓ' είναι διαφορετικά μεταξύ τους, γεγονός που σημαίνει ότι οι γραμμικές ταχύτητες των σημείων A, B, Γ, διαφέρουν (Σχ. 44α).



Σχήμα 44: Γωνιακή Ταχύτητα

Στην ομαλή κυκλική κίνηση λοιπόν, εκτός από την ταχύτητα (γραμμική) που δίνει το ρυθμό με τον οποίο διανύει το κινητό διαστήματα, χρειαζόμαστε και ένα άλλο μέγεθος που να δείχνει με τι ρυθμό η επιβατική ακτίνα διαγράφει γωνίες. Γι' αυτό ορίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος που λέγεται γωνιακή ταχύτητα και συμβολίζεται με ω .

Γωνιακή ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση ενός κινητού, ονομάζουμε ένα διανυσματικό μέγεθος του οποίου:

- Η τιμή είναι ίση με το σταθερό πηλίκο της γωνίας θ που διαγράφηκε από την επιβατική ακτίνα σε χρονικό διάστημα t διά του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος. Δηλαδή (Σχ. 44β):

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (5)$$

- Η διεύθυνση είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς.
- Η φορά καθορίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού όπως στην εικόνα. Το διάνυσμα $\vec{\omega}$ έχει τη φορά, του αντίχειρα του δεξιού χεριού όταν η φορά περιστροφής του κινητού συμπίπτει με τη φορά των υπόλοιπων δακτύλων.

Στην ομαλή κυκλική κίνηση σε χρόνο μίας περιόδου T η επιβατική ακτίνα θα έχει διαγράψει γωνία $2 \cdot \pi$ rad.

Αρα η σχέση (5) γράφεται:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (6)$$

Επειδή $\frac{1}{T} = f$ η σχέση (6) γράφεται: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$.

Μονάδα γωνιακής ταχύτητας

Ως μονάδα γωνιακής ταχύτητας, σύμφωνα με τη σχέση (5), χρησιμοποιούμε το ακτίνιο ανά δευτερόλεπτο (1rad/s).

Σχέση μεταξύ της γραμμικής και της γωνιακής ταχύτητας

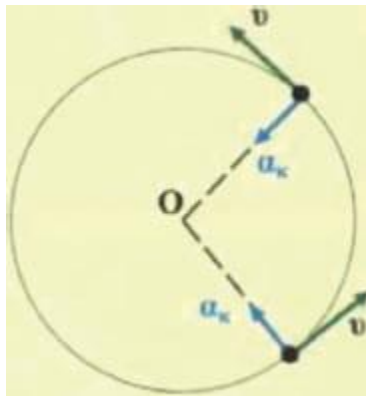
Για να βρούμε τη σχέση που συνδέει τη γραμμική με τη γωνιακή ταχύτητα αντικαθιστούμε στη σχέση (4) το πηλίκο $2 \cdot \pi / T$ με το ω , οπότε προκύπτει:

$$v = \omega \cdot R \quad (7)$$

Η σχέση αυτή συνδέει τη γραμμική ταχύτητα με τη γωνιακή και με την ακτίνα της τροχιάς. Φαίνεται απ' αυτήν πως όλα τα σημεία ενός περιστρεφόμενου δίσκου (Σχ. 44α), ενώ έχουν την ίδια γωνιακή ταχύτητα (ω), έχουν γραμμικές ταχύτητες (v) η τιμή των οποίων είναι ανάλογη με την απόστασή τους από τον άξονα (κέντρο) περιστροφής.

Κεντρομόλος επιτάχυνση

Στην ομαλή κυκλική κίνηση η τιμή της ταχύτητας είναι σταθερή, όμως η διεύθυνση και η φορά αλλάζουν συνεχώς. Άρα το διάνυσμα της ταχύτητας αλλάζει με αποτέλεσμα να εμφανίζεται επιτάχυνση που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς (Σχ. 45) και λέγεται κεντρομόλος επιτάχυνση a_k .



Σχήμα 45: Κεντρομόλος Επιτάχυνση

Αποδεικνύεται ότι το μέτρο της κεντρομόλου επιτάχυνσης δίνεται από τη σχέση:

$$a_k = \frac{v^2}{R} \quad (8)$$

Κεντρομόλος δύναμη

Οι κυκλικές και γενικά οι καμπυλόγραμμες κινήσεις είναι μία μεγάλη κατηγορία κινήσεων. Έχετε αναρωτηθεί ποιο είναι το αίτιό τους; Ποια είναι παραδείγματος χάρη η αιτία που κρατά σε τροχιά ένα τεχνητό δορυφόρο γύρω από την Γη; (Σχ. 41) Για ποιο λόγο η Τροχαία βάζει όριο ταχύτητας στις στροφές; Αυτά είναι μερικά από τα ερωτήματα στα οποία θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απάντηση στην παράγραφο αυτή.

Οι δύο πρώτοι νόμοι του Νεύτωνα μας επιτρέπουν να περιγράψουμε την κίνηση που κάνει ένα σώμα όταν γνωρίζουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν σ' αυτό, την αρχική θέση του καθώς και

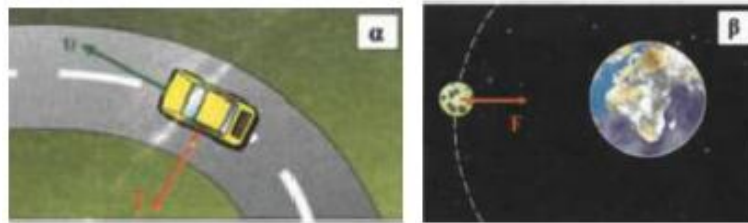
την αρχική του ταχύτητα. Έτσι αν σε ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις, ή αν ασκούνται και έχουν συνισταμένη μηδέν, τότε σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα αυτό θα ηρεμεί ή θα κινείται με κίνηση ευθύγραμμη ομαλή.

Αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα δεν είναι μηδέν, τότε σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα αυτό έχει επιτάχυνση \vec{a} ομόρροπη της δύναμης, που προσδιορίζεται από τη σχέση $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, όπου m είναι η μάζα του σώματος.

Ας θεωρήσουμε την περίπτωση που ένα σώμα εκτελεί κυκλική κίνηση με ταχύτητα σταθερής τιμής. Επειδή η κατεύθυνση της ταχύτητας συνεχώς μεταβάλλεται, άρα υπάρχει επιτάχυνση (κεντρομόλος) και σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα στο σώμα ασκείται δύναμη. Η δύναμη αυτή έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και γι' αυτό λέγεται κεντρομόλος δύναμη (Σχ. 45).

Η κεντρομόλος δύναμη είναι γενικά η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα κατά τη διεύθυνση της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς με φορά προς το κέντρο του κύκλου. Δεν πρόκειται για μία ακόμα δύναμη πάνω στο σώμα. Λέμε συνήθως ότι η συνισταμένη των δυνάμεων (κατά τη διεύθυνση της ακτίνας) παίζει ρόλο κεντρομόλου δύναμης.

Την έννοια της κεντρομόλου δύναμης συναντάμε σε κάθε φαινόμενο που υπάρχει κυκλική κίνηση. Παραδείγματος χάρη, όταν ένα αυτοκίνητο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε ένα επίπεδο δρόμο, η κεντρομόλος δύναμη είναι η δύναμη τριβής (Σχ. 46α). Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη λόγω της ελκτικής δύναμης που δέχεται από αυτή. Η δύναμη αυτή παίζει τότε το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης (Σχ. 46β).



Σχήμα 46: Δυνάμεις που δρουν ως κεντρομόλες (α) η τριβή (β) η βαρυτική έλξη F

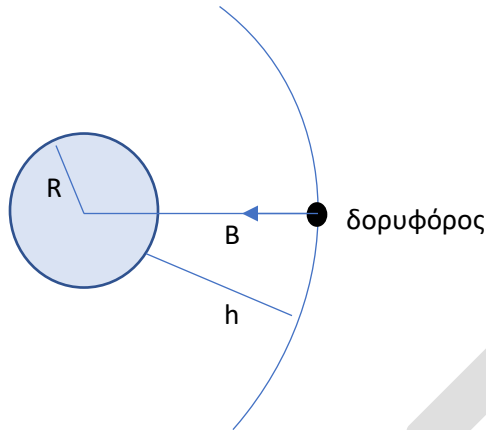
Γενικά κάθε δύναμη που αναγκάζει ένα σώμα να εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση λέγεται κεντρομόλος δύναμη. Η κεντρομόλος επιτάχυνση έχει την ίδια κατεύθυνση με την κεντρομόλο δύναμη. Όπως είδαμε, η τιμή της κεντρομόλου επιτάχυνσης δίνεται από τη σχέση (8).

Έτσι η τιμή της κεντρομόλου δύναμης δίνεται από τη σχέση:

$$F = m \cdot a = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad (8)$$

Παράδειγμα 4-1

Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται κάποιος δορυφόρος έτσι ώστε να διαγράψει κυκλική τροχιά από μικρό ύψος h από την επιφάνεια της Γης;



Το κέντρο της τροχιάς είναι το κέντρο της γης. Ακτίνα τροχιάς είναι $r=R+h$ όπου R η ακτίνα της Γης.

$$F_{κεν} = B = m \cdot g = \frac{m \cdot v^2}{R + h}, \quad v = \sqrt{g(R + h)}$$

Για μικρά ύψη σε σχέση με την ακτίνα της Γης $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Αν $h = 100 \text{ miles} = 1/40 R_{Γης}$, τότε $v = \sqrt{(9.8) \text{ m/s}^2 (6.4 \times 10^6 \text{ m} + 1.6 \times 10^5 \text{ m})} = 8 \times \frac{10^5 \text{ m}}{\text{s}} = 8 \text{ km/s}$

Ασκήσεις

- Ένας αστροναύτης βρίσκεται στη Σελήνη, και αφήνει ένα σώμα από ύψος 7,2m που φτάνει στο έδαφος μετά από 3s.
 - Πόση είναι η επιτάχυνση βαρύτητας στη Σελήνη;
 - Αν ο αστροναύτης πετάξει το σώμα οριζόντια με ταχύτητα 12m/s από το ίδιο ύψος,
 - Πόσος χρόνος χρειάζεται μέχρι να φτάσει το σώμα στο έδαφος;
 - Πόση οριζόντια απόσταση θα διανύσει μέχρι να φτάσει στο έδαφος;
- Υπολογίστε την ταχύτητα και την κεντρομόλο επιτάχυνση που οφείλεται στην περιστροφή της Γης, ενός αντικειμένου που βρίσκεται στον Ισημερινό της Γης. Δίνεται ότι η ακτίνα του Ισημερινού είναι 6.380km. Η περίοδος περιστροφής της Γης είναι $T = 24\text{h}$.
- Δορυφόρος εκτελεί κυκλική κίνηση σε ύψος $h = 6.400 \text{ km}$ από την επιφάνεια της Γης και έχει περίοδο 4h. Αν η ακτίνα της Γης είναι $R = 6.400\text{km}$, να υπολογιστούν:
 - Η ταχύτητα περιστροφής του δορυφόρου.
 - Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δορυφόρου.

4. Θεωρούμε τη Γη σφαιρική με ακτίνα $R=6400$ km και με περίοδο περιστροφής $T=24$ h. Να υπολογιστούν:

- α. Η γραμμική ταχύτητα ενός σημείου του ισημερινού
- β. Το διάστημα που διανύει αυτό το σημείο σε μία μέρα
- γ. Η γραμμική ταχύτητα ενός σημείου σε γεωγραφικό πλάτος $\phi=60$ μοίρες.

4.2 Η Έννοια της Ορμής

Η μελέτη του φαινομένου της κρούσης και η περιγραφή του με τη βοήθεια κατάλληλα επινοημένων μεγεθών, απασχόλησε τους επιστήμονες πολύ πριν από την εποχή του Νεύτωνα. Το αποτέλεσμα ήταν να καταλήξουν, περί τα τέλη του 17^{ου} αιώνα, στην εισαγωγή ενός νέου φυσικού μεγέθους που σήμερα χαρακτηρίζεται με το όνομα ορμή. Το ερώτημα που προέκυπτε κάθε φορά που μελετούσαν μία σύγκρουση ήταν: το φαινόμενο θα είναι άραγε πιο έντονο αν τα συγκρουόμενα σώματα έχουν μεγάλη μάζα, ή μεγάλη ταχύτητα;

Η απάντηση στην οποία κατέληγαν και που σήμερα και εμείς επιβεβαιώνουμε με την καθημερινή μας εμπειρία ήταν πως το αποτέλεσμα της κρούσης επηρεάζεται τόσο από τη μάζα, όσο και από την ταχύτητα των συγκρουόμενων σωμάτων.

Έτσι ορίζουμε την ορμή p ενός σώματος ως το φυσικό μέγεθος που η τιμή του εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα του σώματος. Συγκεκριμένα είναι:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{u} \quad (9)$$

Η ορμή, όπως προκύπτει από τη σχέση (9), είναι μέγεθος διανυσματικό που έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της ταχύτητας του σώματος και η τιμή του είναι: $p = m \cdot u$

Η μονάδα μέτρησής της στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I. είναι το 1 kgm/s.

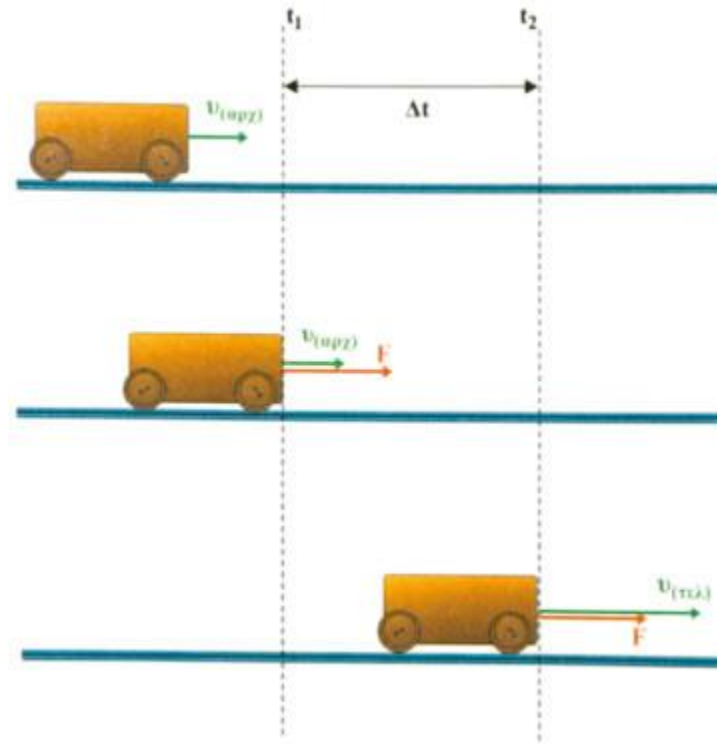
Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, η σημασία της έννοιας της ορμής είναι πολύ μεγάλη για τη Φυσική, αφού με αυτήν μπορούμε να μελετήσουμε φαινόμενα κρούσης. Ωστόσο, πολλές φορές χρησιμοποιούμε την έννοια της ορμής για να μελετήσουμε εξίσου καλά μία κίνηση.

Όπως θα δούμε στις επόμενες παραγράφους, η περιγραφή της κρούσης με τη βοήθεια της έννοιας της ορμής, πλεονεκτεί της περιγραφής με τη βοήθεια της έννοιας της ταχύτητας, γιατί η ορμή ως φυσικό μέγεθος διατηρείται. Η ιδιότητα αυτή της ορμής είναι πολύ χρήσιμη, αφού μας επιτρέπει να κάνουμε προβλέψεις και να καταλήγουμε σε συμπεράσματα που αφορούν στην κίνηση ενός σώματος ή ενός συστήματος, χωρίς να χρειάζεται ο κουραστικός υπολογισμός όλων των λεπτομερειών της κίνησης.

Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής

Όπως γνωρίζουμε, κατά τη διάρκεια της κρούσης εμφανίζονται δυνάμεις μεγάλου μέτρου. Αυτές οι δυνάμεις προκαλούν τις αλλαγές στην ταχύτητα και την ορμή των σωμάτων που συγκρούονται. Συνεπώς πρέπει να αναζητήσουμε σχέση μεταξύ δύναμης και ορμής, Σχ. 47. Η σχέση αυτή μπορούμε να τη βρούμε, αν συνδυάσουμε το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (10)$$



Σχήμα 47: Η άσκηση της δύναμης F προκάλεσε την αύξηση της ταχύτητας από $u_{αρχ}$ σε $u_{τελ}$ και συνεπώς αύξηση της ορμής του σώματος.

με τη σχέση:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_{τελ} - \vec{v}_{αρχ}}{\Delta t}$$

που ορίζει την επιτάχυνση.

Αντικαθιστώντας στην πρώτη την τιμή της επιτάχυνσης από τη δεύτερη προκύπτει ότι:

$$\vec{F} = m \frac{\vec{v}_{τελ} - \vec{v}_{αρχ}}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad \vec{F} = \frac{m \vec{v}_{τελ} - m \vec{v}_{αρχ}}{\Delta t}$$

Γνωρίζουμε όμως ότι το γινόμενο $m \vec{v}_{τελ}$ είναι η τελική ορμή $\vec{p}_{τελ}$ του σώματος και $m \vec{v}_{αρχ}$ η αρχική ορμή του $\vec{p}_{αρχ}$.

Η παραπάνω σχέση γράφεται έτσι:

$$\vec{F} = \frac{\vec{p}_{τελ} - \vec{p}_{αρχ}}{\Delta t} \quad (11)$$

Στην περίπτωση που τα διανύσματα $\vec{p}_{αρχ}$ και $\vec{p}_{τελ}$ είναι συγγραμικά, η σχέση (11) γράφεται:

$$F = \frac{p_{τελ} - p_{αρχ}}{\Delta t} \quad (12)$$

Από τη σχέση (2) προκύπτει ότι η μεταβολή της ορμής ($\vec{p}_{τελ} - \vec{p}_{αρχ}$) διά του χρόνου Δt εντός του οποίου συμβαίνει αυτή, ισούται με τη δύναμη \vec{F} , που την προκαλεί. Συνεπώς για να αλλάξει η ορμή ενός σώματος απαιτείται η άσκηση δύναμης.

4.3 Αρχή Διατήρησης της Ορμής (ΑΔΟ)

Με τη βοήθεια της έννοιας της ορμής οι επιστήμονες απλοποίησαν τη μελέτη των πολύπλοκων φαινομένων της κρούσης και κατέληξαν στο ακόλουθο συμπέρασμα:

Η συνολική ορμή ενός μονωμένου συστήματος σωμάτων διατηρείται σταθερή.

Η πρόταση αυτή είναι άμεση συνέπεια του τρίτου νόμου του Νεύτωνα σύμφωνα με τον οποίο η δράση είναι ίση με την αντίδραση.

Ας θεωρήσουμε δύο σώματα που αλληλεπιδρούν. Εφ' όσον οι δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτά είναι αντίθετες, θα ισχύει $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ ή:

$$\frac{m_1 \Delta \vec{v}_1}{\Delta t} = -\frac{m_2 \Delta \vec{v}_2}{\Delta t}$$

Όμως ο χρόνος αλληλεπίδρασης Δt είναι ίδιος και για τα δύο σώματα και κατά συνέπεια $m_1 \Delta \vec{v}_1 = m_2 \Delta \vec{v}_2$.

Συνεπώς για τις μεταβολές της ορμής θα ισχύει:

$$\Delta \vec{p}_1 = \Delta \vec{p}_2 \quad \text{ή} \quad \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = 0$$

Εφ' όσον όμως το άθροισμα των μεταβολών των ορμών είναι μηδέν, έπεται ότι το άθροισμα των ορμών των σωμάτων του συστήματος δεν μεταβάλλεται, διότι από την προηγούμενη σχέση προκύπτει:

$$\vec{p}_{1(τελ)} + \vec{p}_{2(τελ)} = \vec{p}_{1(αρχ)} + \vec{p}_{2(αρχ)} \quad \text{ή} \quad \vec{p}_{ολ(αρχ)} + \vec{p}_{ολ(αρχ)}$$

Τα πορίσματα που προκύπτουν αν εφαρμόσουμε τη διατήρηση της ορμής για την κίνηση των σωμάτων που συγκρούονται, έχουν ελεγχθεί πειραματικά πάρα πολλές φορές, ώστε σήμερα δεν υπάρχει καμία αμφιβολία για την εγκυρότητά τους. Έτσι η διατήρηση της ορμής έχει αναβαθμιστεί στη σκέψη των επιστημόνων και ονομάζεται **Αρχή διατήρησης της ορμής**. Η αρχή αυτή δεν περιορίζεται σε απλές περιπτώσεις, όπως αυτή που εξετάσαμε στο παράδειγμα, αλλά επεκτείνεται και σε περιοχές όπως η Πυρηνική Φυσική, όπου πυρήνες βομβαρδίζονται με σωματίδια όπως τα πρωτόνια ή τα νετρόνια.

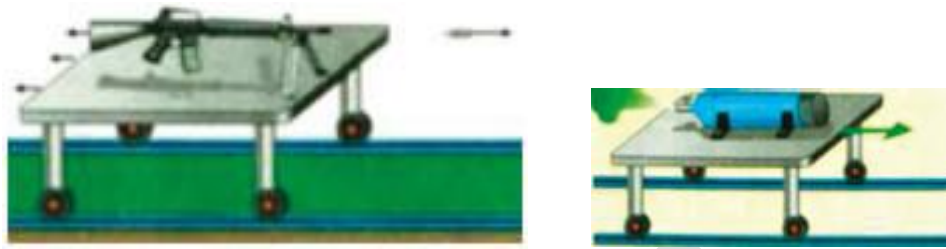
Στη Φυσική ισχύουν και άλλες αρχές όπως π.χ. η αρχή διατήρησης της ενέργειας, του ηλεκτρικού φορτίου, κ.τ.λ.

4.3.1 Η Αρχή Κίνησης των Πυραύλων

Την αρχή διατήρησης της ορμής μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε στην κίνηση των πυραύλων. Ας θεωρήσουμε το αυτόματο όπλο που βρίσκεται πάνω σε ένα βαγόνι το οποίο μπορεί να κινηθεί χωρίς τριβές πάνω σε οριζόντιες σιδηροτροχιές (Σχ. 48).

Αν εκτοξευθεί ένα βλήμα, το όλο σύστημα θα κινηθεί σε αντίθετη κατεύθυνση, ώστε η αρχικά μηδενική ορμή του συστήματος να διατηρηθεί. Αν ενεργοποιήσουμε το μηχανισμό της συνεχούς εκτόξευσης βλημάτων το βαγόνι με το όπλο θα αρχίσει να κινείται με ταχύτητα που συνεχώς αυξάνεται. Τι νομίζετε ότι θα συμβεί αν πάνω στο βαγόνι, αντί για το όπλο τοποθετήσουμε μία φιάλη που περιέχει αέρα υπό πίεση και ανοίξουμε τη στρόφιγγα; Σε αναλογία με το πυροβόλο όπλο μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα βαγόνι - φιάλη επιταχύνεται επειδή "μοριακές σφαίρες" εκτοξεύονται σε αντίθετη κατεύθυνση (Σχ. 48).

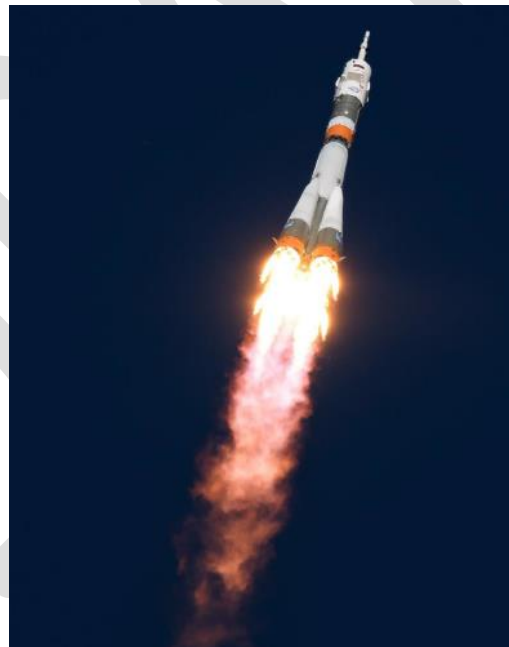
Τα παραδείγματα αυτά μας βοηθούν να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο κινούνται οι πύραυλοι. Πρέπει όμως να επισημάνουμε, ότι τα αέρια που εξέρχονται από το ακροφύσιο του πυραύλου δεν είναι αποθηκευμένα υπό πίεση μέσα σ' αυτόν αλλά προέρχονται από την καύση ειδικού μίγματος.



Σχήμα 48: Κινούμενο Βαγόνι με Όπλο

Πρώθηση Πυραύλου

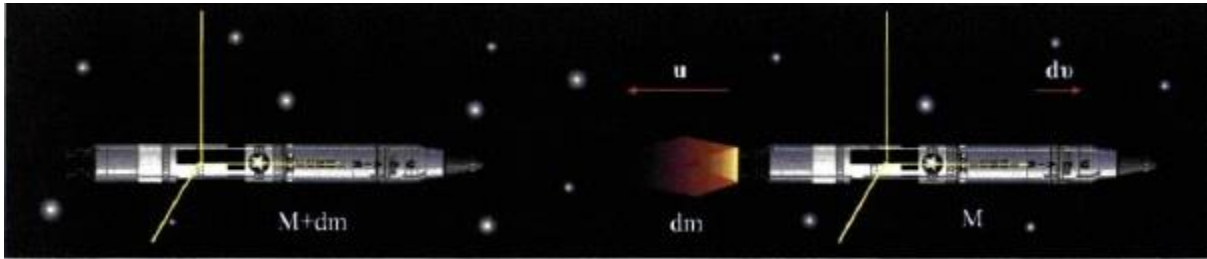
Στην περίπτωση των πυραύλων και των αεριωθούμενων αεροπλάνων τα καυσαέρια ωθούνται προς τα πίσω με δύναμη F που ασκείται σ' αυτά από τα τοιχώματα του χώρου καύσης. Σύμφωνα με την δράση αντίδρασης και τα καυσαέρια ωθούν το πύραυλο ή το αεροπλάνο προς τα εμπρός με προωστική δύναμη F' αντίθετη της F . Ας υποθέσουμε ότι εξετάζουμε έναν πύραυλο που κινείται στο διάστημα (μακριά από κάθε βαρυτική έλξη). Θα εφαρμόσουμε την ΑΔΟ ως προς το σύστημα αναφοράς του κέντρου μάζας. Εφόσον δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις το κέντρο μάζας (άρα και το σύστημα αναφοράς μας) δε θα μεταβάλλει την κινητική του κατάσταση, ανεξάρτητα με οποιαδήποτε μεταβολή συμβεί στην κινητική κατάσταση των τμημάτων που απαρτίζουν το σύστημα.



Σχήμα 49: Διαστημικός Φορέας-Πύραυλος Soyuz

Ο πύραυλος κάποια χρονική στιγμή έχει μάζα $M + dm$ και μηδενική ταχύτητα ως προς το σύστημα αναφοράς που επιλέξαμε. Ο πύραυλος, σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα dt , εκτοξεύει προς τα πίσω μια ποσότητα καυσαερίων dm με ταχύτητα u ως προς το κέντρο μάζας. Πρακτικά η ταχύτητα αυτή είναι και η ταχύτητα των καυσαερίων ως προς τον πύραυλο. Ο πύραυλος τώρα έχει αυξήσει την ταχύτητά του

σε σχέση με πριν κατά du και η μάζα του έχει ελαττωθεί κατά dm . Ως προς το κέντρο μάζας του συστήματος κινείται με dv προς τα μπροστά. (Σχ.50).



Σχήμα 50: Προώθηση Πυραύλου

Εφόσον το σύστημα είναι μονωμένο εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της ορμής με τις ταχύτητες να αναφέρονται όλες στο σύστημα αναφοράς του κέντρου μάζας.

$$p_{\text{πριν}} = p_{\text{μετά}} \text{ άρα } 0 = -dmu + Mdv$$

Θέλουμε τώρα να υπολογίσουμε την προωστική δύναμη που δέχεται ο πύραυλος. Από την τελευταία εξίσωση προκύπτει:

$$Mdv = dm u$$

$$M \frac{dv}{dt} = u \frac{dm}{dt}$$

$$Ma = u \frac{dm}{dt}$$

$$F = u \frac{dm}{dt}$$

Όπου $\frac{dm}{dt}$ ο ρυθμός με τον οποίο εκτοξεύονται τα καυσαέρια του πυραύλου.

Παράδειγμα 4-2

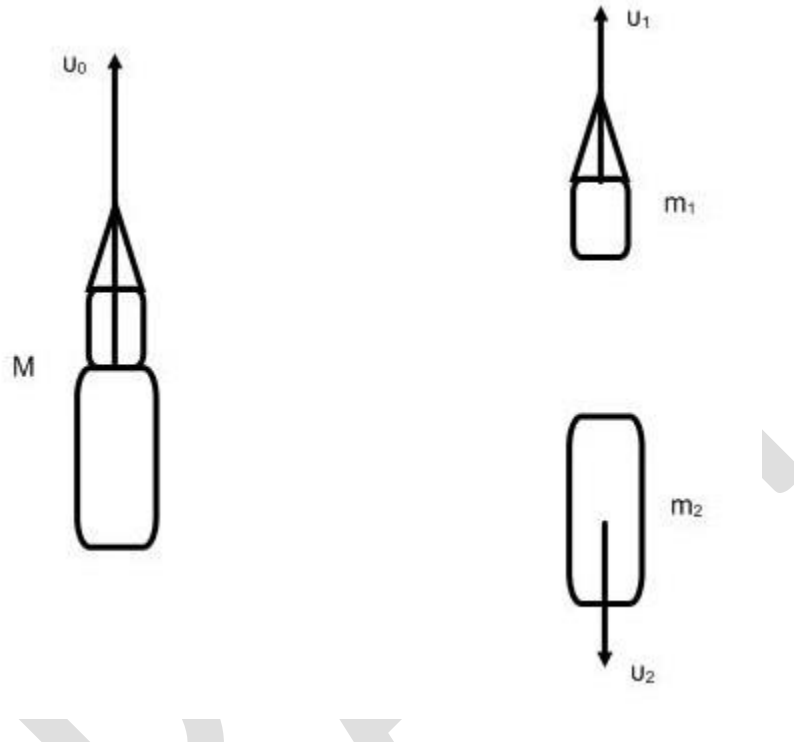
Ένας πύραυλος μάζας $M = 4 \cdot 10^4$ kg, κινείται ευθύγραμμα, σε περιοχή ασήμαντης βαρύτητας, με σταθερή ταχύτητα μέτρου $u_0 = 200$ m / s. Ξαφνικά, με μια έκρηξη ο πύραυλος χωρίζεται σε δύο κομμάτια με μάζες m_1 και m_2 για τις οποίες ισχύει $m_1 = 3 \cdot m_2$. Το πρώτο, κομμάτι μάζας m_1 , αμέσως μετά την έκρηξη έχει ταχύτητα μέτρου $u_1 = 400$ m / s, στην ίδια κατεύθυνση με την αρχική ταχύτητα u_0 . Να προσδιορίσετε:

- I) Την ταχύτητα u_2 του δεύτερου κομματιού.
- II) Τη μεταβολή ορμής ΔP_1 και ΔP_2 του κάθε κομματιού εξαιτίας της έκρηξης. Τι παρατηρείτε;
- III) Την ενέργεια που ελευθερώθηκε λόγω της έκρηξης.
- IV) Αν υποθέσετε ότι η έκρηξη, δηλαδή η διάσπαση του πυραύλου στα δύο κομμάτια του διαρκεί χρονικά $\Delta t = 0,2$ s, να προσδιορίσετε τη μέση δύναμη που δέχτηκε κάθε ένα από τα δύο κομμάτια στα οποία χωρίστηκε ο πύραυλος κατά τη διάρκεια της κρούσης.

Λύση

I)

Για τις μάζες ισχύει $m_1 = 3 \cdot m_2$ και $m_1 + m_2 = M$,
 άρα $3 \cdot m_2 + m_2 = M \Rightarrow$
 $4 \cdot m_2 = M \Rightarrow 4 \cdot m_2 = 4 \cdot 10^4$
 άρα $m_2 = 10^4$ kg και $m_1 = 3 \cdot 10^4$ kg.



Επειδή ο πύραυλος κινείται σε περιοχή ασήμαντης βαρύτητας, οι μόνες δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι οι δυνάμεις κατά την έκρηξη που είναι εσωτερικές, το σύστημα είναι μονωμένο άρα θα ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Ορμής:

$$P_{\text{πριν}} = P_{\text{μετά}} \Rightarrow M \cdot u_0 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \cdot 10^4 \cdot 200 = 3 \cdot 10^4 \cdot 400 + 10^4 \cdot u_2 \Rightarrow$$

$$800 = 1200 + u_2 \Rightarrow$$

$$u_2 = -400 \text{ m/s}.$$

Το (-) δείχνει ότι το δεύτερο κομμάτι του δορυφόρου θα κινηθεί με ταχύτητα αντίθετης φοράς της αρχικής.

II)

Η μεταβολή της ορμής του m_1 κομματιού:

$$\Delta P_1 = P_{1,\text{τελ}} - P_{1,\text{αρχ}} \Rightarrow$$

$$\Delta P_1 = m_1 \cdot u_1 - m_1 \cdot u_0 \Rightarrow$$

$$\Delta P_1 = m_1 \cdot (u_1 - u_0) \Rightarrow$$

$$\Delta P_1 = 3 \cdot 10^4 \cdot (400 - 200) \Rightarrow$$

$$\Delta P_1 = 600 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

Η μεταβολή της ορμής του m_2 κομματιού:

$$\Delta P_2 = P_{2,\text{τελ}} - P_{2,\text{αρχ}} \Rightarrow$$

$$\Delta P_2 = m_2 \cdot u_2 - m_2 \cdot u_0 \Rightarrow$$

$$\Delta P_2 = m_2 \cdot (u_2 - u_0) \Rightarrow$$

$$\Delta P_2 = 10^4 \cdot (-400 - 200) \Rightarrow$$

$$\Delta P_2 = -600 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s} .$$

Παρατηρούμε ότι οι μεταβολές της ορμής των δύο σωμάτων είναι αντίθετες, πράγμα που είναι αναμενόμενο λόγω της διατήρησης ορμής του συστήματος.

III)

Η ολική αρχική κινητική ενέργεια του συστήματος:

$$K_{\text{ολ,αρχ}} = \frac{1}{2} \cdot M \cdot u_0^2 \Rightarrow$$

$$K_{\text{ολ,αρχ}} = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^4 \cdot 200^2 \Rightarrow$$

$$K_{\text{ολ,αρχ}} = 8 \cdot 10^8 \text{ joule} .$$

Η ολική τελική κινητική ενέργεια του συστήματος:

$$K_{\text{ολ,τελ}} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 \Rightarrow$$

$$K_{\text{ολ,τελ}} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 400^2 + \frac{1}{2} \cdot 10^4 \cdot 400^2 \Rightarrow$$

$$K_{\text{ολ,τελ}} = 32 \cdot 10^8 \text{ joule} .$$

Επομένως η ενέργεια που ελευθερώθηκε λόγω έκρηξης E θα είναι:

$$E = K_{\text{ολ,τελ}} - K_{\text{ολ,αρχ}} \Rightarrow$$

$$E = 32 \cdot 10^8 - 8 \cdot 10^8 \Rightarrow$$

$$E = 24 \cdot 10^8 \text{ joule} .$$

IV)

Από τον 2ο γενικευμένο νόμο του Newton:

$$\Sigma F = \Delta P / \Delta t \Rightarrow$$

$$\Sigma F = 600 \cdot 10^4 / 2 \cdot 10^{-1} \Rightarrow$$

$$\Sigma F = 3 \cdot 10^7 \text{ N} .$$

Ασκήσεις

5. Ένας πύραυλος συνολικής μάζας $M = 1.000\text{kg}$ κινείται κατακόρυφα απομακρυνόμενος από τη Γη. Κάποια στιγμή και ενώ η ταχύτητά του είναι $u = 500\text{m/s}$, ο πύραυλος διαχωρίζεται σε δύο κομμάτια. Το ένα κομμάτι έχει μάζα $m_1 = 800\text{kg}$ και η ταχύτητά του αμέσως μετά τη διάσπαση είναι $u_1 = 1.000\text{m/s}$, ίδιας κατεύθυνσης με αυτήν της ταχύτητας u . Να βρείτε την ταχύτητα που έχει το άλλο κομμάτι αμέσως μετά τη διάσπαση.

4.4 Βαρυτικό Πεδίο

Δύο σώματα με πολύ μικρές διαστάσεις (σημειακές μάζες), που έχουν μάζες m_1 και m_2 και βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους, έλκονται με δύναμη που έχει μέτρο

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (13)$$

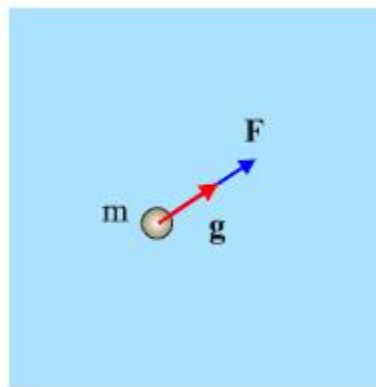
όπου G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης, $G = 6,673 \times 10^{-13} \text{ N}\cdot\text{m}^2 / \text{kg}^2$. Η δύναμη αυτή, όπως και η δύναμη Coulomb, είναι **διατηρητική και κεντρική**. Κεντρικές λέγονται οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων και των οποίων ο φορέας συμπίπτει με την ευθεία που ενώνει τα κέντρα μάζας των σωμάτων.



Σχήμα 51: Δυο σημειακές μάζες που απέχουν απόσταση r έλκονται με δύναμη που είναι ανάλογη του γινομένου των μαζών και αντίστροφα ανάλογη του τετραγώνου της απόστασής τους.

Η παραπάνω σχέση δίνει και τη δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ δύο ομογενών σφαιρικών μαζών m_1 και m_2 . Στην περίπτωση αυτή απόσταση r είναι η απόσταση μεταξύ των κέντρων των σφαιρών και οι ελκτικές δυνάμεις έχουν σημεία εφαρμογής τα κέντρα των σφαιρών. Η έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα, με αίτιο το ότι έχουν μάζα, είναι δύναμη από απόσταση. Η αλληλεπίδραση μεταξύ μαζών περιγράφεται με την έννοια του πεδίου. Κάθε μάζα δημιουργεί γύρω της πεδίο. Αν κάποια μάζα βρεθεί μέσα στο πεδίο, το πεδίο της ασκεί δύναμη. Το πεδίο που δημιουργείται από μάζες ονομάζεται βαρυτικό πεδίο ή πεδίο βαρύτητας. **Βαρυτικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος εκείνος στον οποίο κάθε μάζα δέχεται δύναμη.**

Για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου χρησιμοποιούμε τα μεγέθη ένταση και δυναμικό.



Σχήμα 52: Εάν σ' ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το βαρυτικό πεδίο βρεθεί μια μάζα m θα δεχθεί δύναμη. Η δύναμη είναι πάντα ομόρροπη της έντασης

Ένταση (g) του πεδίου βαρύτητας σε ένα του σημείο ονομάζουμε το σταθερό πηλίκο της δύναμης (F) που θα δεχτεί μια μάζα (m) αν φορτίζονται με φορτία $+Q$ και $-Q$.

$$g = \frac{F}{m} \quad (14)$$

Η ένταση έχει την ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη. Μονάδα της έντασης είναι το 1N/kg ή 1m/s², δηλαδή μετριέται σε μονάδες επιτάχυνσης.

Η επιτάχυνση που θα αποκτήσει ένα σώμα αν αφεθεί ελεύθερο στο πεδίο βαρύτητας είναι

$$a = \frac{F}{m}$$

και από τη (14) προκύπτει ότι $g = a$, επομένως:

Στο πεδίο βαρύτητας, η ένταση του πεδίου σε ένα σημείο ταυτίζεται με την επιτάχυνση που θα αποκτήσει ένα σώμα αν αφεθεί ελεύθερο σε εκείνο το σημείο. Το πεδίο βαρύτητας, όπως και το ηλεκτροστατικό πεδίο, είναι διατηρητικό. Επομένως για την περιγραφή του είναι χρήσιμο το μέγεθος δυναμικό που ορίζεται με τρόπο ανάλογο. Συγκεκριμένα:

Δυναμικό (V) του πεδίου βαρύτητας, σε ένα του σημείο A, ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου, όταν μεταφέρεται μάζα m από το σημείο A στο άπειρο, προς τη μάζα αυτή.

$$V_A = \frac{V_{A \rightarrow \infty}}{m}$$

Μονάδα δυναμικού του βαρυτικού πεδίου είναι το 1J/kg

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B του πεδίου βαρύτητας ονομάζεται το πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου, κατά τη μετακίνηση μιας μάζας m από το σημείο A στο σημείο B, προς τη μάζα αυτή.

$$V_B - V_A = \frac{V_{A \rightarrow B}}{m}$$

Η διαφορά δυναμικού εκφράζει το έργο της δύναμης του πεδίου ανά μονάδα μάζας κατά τη μετακίνηση μιας μάζας από το σημείο A στο σημείο B.

4.4.1 Το πεδίο που δημιουργείται από σημειακή μάζα

Η ένταση βαρυτικού πεδίου

Έστω μια σημειακή μάζα M . Για να βρούμε την ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί η μάζα M σε σημείο A που απέχει απόσταση r απ' αυτήν, τοποθετούμε στο σημείο αυτό μάζα m . Η μάζα m δέχεται από την μάζα M δύναμη:

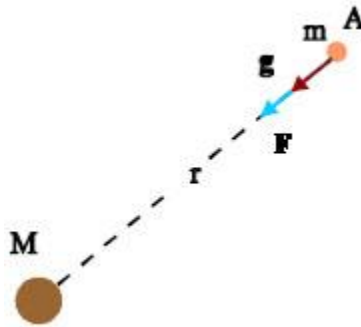
$$F = G \frac{Mm}{r^2} \quad (15)$$

Η ένταση του πεδίου στο σημείο A είναι

$$g = \frac{F}{m} \quad (16)$$

Αντικαθιστώντας την (15) στην (16) έχουμε

$$g = G \frac{M}{r^2} \quad (17)$$



Σχήμα 53: Η ένταση του πεδίου που δημιουργεί η σημειακή μάζα M έχει σε κάθε σημείο κατεύθυνση προς τη μάζα.



Σχήμα 54: Το σύστημα Γη-Σελήνη

Το δυναμικό του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί η σημειακή μάζα M σε σημείο A , που απέχει απόσταση r από το υλικό σημείο, έχει τιμή

$$V_A = -G \frac{M}{r} \quad (18)$$

Η δυναμική ενέργεια συστήματος δύο υλικών σημείων με μάζες m_1, m_2 , που απέχουν μεταξύ τους απόσταση r , είναι ίση με το έργο που απαιτείται για να μεταφερθούν οι μάζες από πολύ μακριά και να τοποθετηθούν στις θέσεις τους και είναι

$$U = -G \frac{m_1 m_2}{r} \quad (19)$$

Παρατηρήσεις

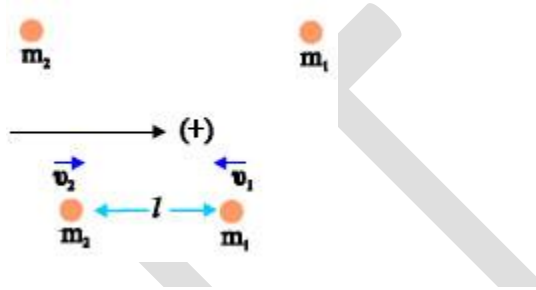
1. Μια σφαιρική ομογενής μάζα M συμπεριφέρεται εξωτερικά σαν όλη η μάζα της να είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο. Επομένως οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν πανομοιότυπα και για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου ομογενούς σφαιρικού σώματος μάζας M ακτίνας R , υπό την

προϋπόθεση ότι εξετάζουμε το πεδίο στο χώρο έξω από τη μάζα του σώματος ($r \geq R$). Εδώ τις αποστάσεις τις μετράμε από το κέντρο του σφαιρικού σώματος

2. Το αρνητικό πρόσημο στη σχέση (19) υποδηλώνει ότι για να κάνουμε άπειρη την απόσταση δύο μαζών που βρίσκονται αρχικά σε απόσταση r πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια στο σύστημα.

Παράδειγμα 4-3

Δύο σφαιρικές μάζες m_1 και m_2 ηρεμούν σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους. Εξαιτίας της βαρυτικής δύναμης που ασκεί η μια στην άλλη αρχίζουν να κινούνται πλησιάζοντας μεταξύ τους. Αν κατά τη διάρκεια της κίνησής τους δεν ασκείται σε αυτές άλλη δύναμη, να βρείτε τις ταχύτητες των μαζών τη στιγμή που βρίσκονται σε απόσταση l μεταξύ τους. Δίνεται το G .



Απάντηση:

Εφόσον οι μάζες δε δέχονται άλλες δυνάμεις εκτός από τη μεταξύ τους ελκτική δύναμη, το σύστημά τους είναι απομονωμένο και η ορμή του διατηρείται. Αν θεωρήσουμε ως αρχική θέση τη θέση όπου οι μάζες ηρεμούν και ως τελική αυτή όπου οι μάζες απέχουν μεταξύ τους απόσταση l θα ισχύει:

$$P_{αρχ} = p_{τελ}$$

Θεωρώντας θετική την κατεύθυνση προς τα δεξιά, η παραπάνω σχέση γράφεται

$$0 = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

Λύνοντας ως προς v_1 έχουμε

$$v_1 = v_2 \frac{m_2}{m_1} \quad (20)$$

Το πεδίο βαρύτητας είναι διατηρητικό, δηλαδή η μηχανική ενέργεια του συστήματος διατηρείται σταθερή

$$U_{αρχ} + K_{αρχ} = U_{τελ} + K_{τελ}$$

$$0 = -G \frac{m_1 m_2}{l} + \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

αντικαθιστώντας τη v_1 από την (20) βρίσκουμε

$$0 = -G \frac{m_1 m_2}{l} + \frac{1}{2} \frac{m_2^2}{m_1} v_2^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει

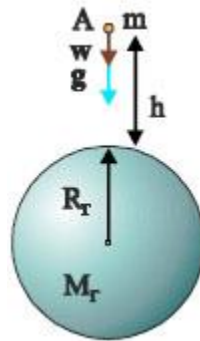
$$v_2 = m_1 \sqrt{\frac{2G}{l(m_1 + m_2)}}$$

και από την (20) βρίσκουμε

$$v_1 = m_2 \sqrt{\frac{2G}{l(m_1 + m_2)}}$$

4.4.2 Το Βαρυτικό Πεδίο της Γης

Με ικανοποιητική προσέγγιση, μπορούμε να θεωρήσουμε τη Γη σαν μια ομογενή σφαίρα ακτίνας $R_T = 6,38 \times 10^6 m$ και μάζας $M_T = 5,98 \times 10^{24} kg$. Το βαρυτικό πεδίο της Γης σε ένα σημείο A, στο εξωτερικό της θα περιγράφεται από τις σχέσεις (18) και (19) του πεδίου που δημιουργεί μια σημειακή μάζα.

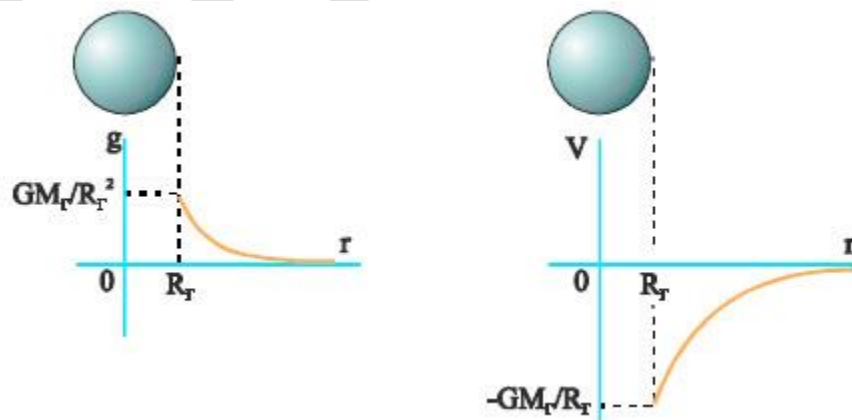


Σχήμα 55: Το σημείο A βρίσκεται σε ύψος h, πάνω από την επιφάνεια της Γης.

Επειδή συνήθως η θέση ενός σημείου στο πεδίο βαρύτητας της Γης προσδιορίζεται από το ύψος στο οποίο βρίσκεται το σημείο, είναι σκόπιμο στις σχέσεις αυτές να αντικαταστήσουμε την απόσταση r από το κέντρο της Γης με το άθροισμα $R_T + h$ όπου h το ύψος του σημείου που μας ενδιαφέρει από την επιφάνεια της Γης. Έτσι οι σχέσεις που δίνουν την ένταση και το δυναμικό στο πεδίο βαρύτητας της Γης -πάντα αναφερόμαστε στον εξωτερικό της χώρο- είναι

$$g = G \frac{M_T}{r(R_T + h)^2} \quad (19)$$

$$V = -G \frac{M_T}{R_T + h} \quad (20)$$

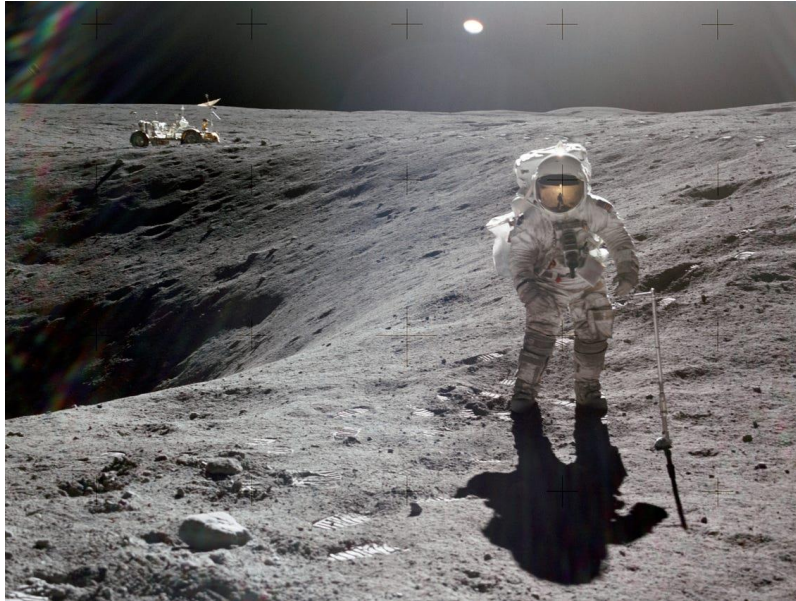


Σχήμα 56: Γραφικές παραστάσεις του μέτρου της έντασης και του δυναμικού σε συνάρτηση με την απόσταση από το κέντρο της Γης, για σημεία που βρίσκονται έξω από αυτή.

άν στη σχέση της έντασης (19) θέσουμε $h = 0$ προκύπτει η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης

$$g = G \frac{M_{\Gamma}}{(R_{\Gamma})^2}$$

Με αντικατάσταση των τιμών των μεγεθών βρίσκουμε $g_0 = 9,8m/s^2$



Σχήμα 57: Αστροναύτες στην επιφάνεια της Σελήνης. Παρά τον βαρύ εξοπλισμό τους (180 kg), μπορούν να κάνουν εντυπωσιακά άλματα. Στην επιφάνεια της Σελήνης η ένταση του βαρυτικού πεδίου είναι έξι φορές μικρότερη από αυτή στην επιφάνεια της Γης.

4.4.3 Ταχύτητα Διαφυγής

Με ποια ταχύτητα πρέπει να εκτοξευθεί ένα αντικείμενο μάζας m , από την επιφάνεια της Γης ώστε να διαφύγει οριστικά από το πεδίο βαρύτητας της Γης; Για να απλουστεύσουμε το πρόβλημα θα θεωρήσουμε ότι η Γη δεν κινείται, θα αγνοήσουμε τις βαρυτικές επιδράσεις από τα άλλα ουράνια σώματα και θα αγνοήσουμε την αντίσταση του ατμοσφαιρικού αέρα. Εφόσον το βαρυτικό πεδίο είναι διατηρητικό η μηχανική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων (Γη και σώμα) διατηρείται. Επομένως κατά την κίνηση του σώματος μεταξύ δύο θέσεων θα ισχύει

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \tag{21}$$

Εφαρμόζουμε τη σχέση αυτή για ένα σημείο πάνω στην επιφάνεια της Γης και για το άπειρο (εκεί όπου δεν υπάρχει πλέον βαρυτική επίδραση και η δυναμική ενέργεια του συστήματος σώμα – Γη είναι μηδέν $U_2 = 0$). Η ελάχιστη τιμή της ταχύτητας με την οποία πρέπει να εκτοξεύσουμε το σώμα είναι εκείνη για την οποία το σώμα θα φτάνει στο άπειρο με μηδενική ταχύτητα, άρα $K_2=0$
Από την (21) έχουμε

$$U_1 + K_1 = 0 + 0 \text{ οπότε}$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_{\delta}^2 + G \frac{M_{\Gamma} m}{R_{\Gamma}} = 0$$

Λύνοντας ως προς v_δ βρίσκουμε

$$v_\delta = \sqrt{\frac{2GM_\Gamma}{R_\Gamma}} = 11.2 \frac{km}{s} = 40320 km/h$$

Την ταχύτητα v_δ την ονομάζουμε **ταχύτητα διαφυγής** από την επιφάνεια της Γης. Εάν το σημείο εκτόξευσης βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης με τον ίδιο τρόπο προκύπτει ότι η ταχύτητα διαφυγής δίνεται από τη σχέση:

$$v_\delta = \sqrt{\frac{2GM_\Gamma}{R_\Gamma + h}} \quad (22)$$

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία μπορούμε να βρούμε την ταχύτητα διαφυγής από την επιφάνεια άλλων ουράνιων σωμάτων. Έτσι για παράδειγμα για τη Σελήνη βρίσκουμε 2,37 km/s, για τον Άρη 4,97 km/s, για το Δία 59,1 km/s και για τον Ήλιο 618 km/s.

Προς το παρόν είναι αδύνατο να προσδώσουμε σε ένα σώμα αρχική κατακόρυφη ταχύτητα ίση με 11,2 km/s. Μπορούμε όμως με έναν πύραυλο να προσδώσουμε στο σώμα σταθερή επιτάχυνση a λίγο μεγαλύτερη από την επιτάχυνση g της βαρύτητας. Έτσι, η κατακόρυφη ταχύτητα του σώματος συνεχώς αυξάνεται, μέχρις ότου το σώμα αποκτήσει την ταχύτητα διαφυγής. Τότε καταργείται η προωστική δύναμη του πυραύλου και το σώμα κινείται στο αστρικό διάστημα με την ταχύτητα διαφυγής, σύμφωνα με την αρχή της αδράνειας. Το σώμα ελευθερώθηκε από την έλξη της Γης, αλλά κινείται μέσα στο πεδίο βαρύτητας του Ήλιου και των άλλων πλανητών. Έτσι, η τροχιά του θα είναι ευθύγραμμη.

Ένα συχνό λάθος που συμβαίνει είναι ότι πολλές φορές πιστεύεται πως η ταχύτητα διαφυγής είναι η ταχύτητα που πρέπει να έχει ένας πύραυλος ή ένα διαστημόπλοιο για να διαφύγει από την έλξη της Γης. Περαιτέρω σύγχυση μπορεί επίσης να προκαλέσει η παρατήρηση ότι οι πύραυλοι που εκτοξεύονται έχουν ταχύτητες πολύ μικρότερες από την ταχύτητα διαφυγής της Γης (που αντιστοιχεί σε περίπου 34 Μαχ), κι όμως καταφέρνουν να διαφύγουν στο διάστημα. Η πηγή του λάθους βρίσκεται στην κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας διαφυγής. Η ταχύτητα διαφυγής είναι η *αρχική* ταχύτητα που πρέπει να δώσουμε σε ένα αντικείμενο ώστε αυτό να διαφύγει από την έλξη ενός ουράνιου σώματος. Αντιθέτως, οι πύραυλοι και τα διαστημόπλοια *δεν* εκτοξεύονται στο διάστημα, αλλά καίνε συνεχώς καύσιμα μέχρις ότου να διαφύγουν από την έλξη της Γης. Ένας πύραυλος μπορεί κάλλιστα να διαφύγει από την έλξη της Γης με ταχύτητες πολύ μικρότερες από την ταχύτητα διαφυγής της Γης, δεδομένου ότι η καύση λαμβάνει τόπο με τρόπο συνεχή και με επαρκώς ταχύ ρυθμό ώστε ο πύραυλος ή το διαστημόπλοιο να υπερνικά συνεχώς την βαρυτική έλξη της Γης.

Παράδειγμα 4-4

Από το σημείο A του πεδίου βαρύτητας της Γης, που βρίσκεται σε ύψος $h=R_\Gamma$ από την επιφάνεια της Γης (R_Γ η ακτίνα της Γης), βάλλεται προς το Διάστημα ένα σώμα με ταχύτητα $v_0=16 \times 10^3$ m/s. Να εξετάσετε αν το σώμα θα διαφύγει από τη βαρυτική έλξη της Γης. Αν θα διαφύγει να βρείτε την ταχύτητά του όταν φτάσει σε πολύ μεγάλη απόσταση από τη Γη. Δίνονται: η ακτίνα της Γης $R_\Gamma=6400$ km και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της $g_0=10$ m/s².

Απάντηση

α) Η ταχύτητα διαφυγής σε ύψος h , δίνεται από την σχέση

$$v_\delta = \sqrt{\frac{2GM_\Gamma}{R_\Gamma + h}} = \sqrt{\frac{2GM_\Gamma}{R_\Gamma}} \quad (23)$$

Αν στη θέση του h βάλουμε την ακτίνα της Γης έχουμε

$$g_o = G \frac{M_\Gamma}{(R_\Gamma)^2}$$

Οπότε

$$GM_\Gamma = g_o R_\Gamma^2 \quad (24)$$

Αντικαθιστώντας την (24) στην (23) έχουμε

$$v_\delta = \sqrt{g_o R_\Gamma} = 8 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Επειδή $u_o > v_\delta$ το σώμα διαφεύγει.

β) Έστω u η ταχύτητα με την οποία το σώμα φτάνει στο άπειρο. Για τον υπολογισμό της θα εφαρμόσουμε το θεώρημα έργου – ενέργειας κατά την κίνηση του σώματος από το σημείο Α μέχρι το άπειρο

$$W = K_\infty - K_A \text{ οπότε}$$

$$(V_A - V_\infty)m = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}m u_o^2 \quad (25)$$

Είναι $V_\infty = 0$ και

$$V_A = -\frac{GM_\Gamma}{2R_\Gamma}$$

Που λόγω της (25) γίνεται

$$V_A = -\frac{g_o R_\Gamma}{2}$$

Αντικαθιστώντας στην (25) έχουμε

$$-g_o R_\Gamma = v^2 - u_o^2$$

Επομένως

$$v = \sqrt{u_o^2 - g_o R_\Gamma} = 8\sqrt{3} \times 10^3 \text{ m/s}$$

Ασκήσεις

6. Να υπολογιστεί η ένταση και το δυναμικό του πεδίου βαρύτητας της Γης σε ένα σημείο που βρίσκεται σε ύψος $h=R_T$ από τη επιφάνειά της. Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_T = 6400$ km και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0=10$ m/s².

[Απ: 2,5 m/s², -32×10^6 J/kg]

7. Σώμα μάζας m εκτοξεύεται από την επιφάνεια της Γης κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα $u_0=103$ m/s. Υπολογίστε πόσο ψηλά θα φτάσει το σώμα. Δίνεται η ακτίνα της Γης $R_T = 6400$ km και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0=10$ m/s². Η αντίσταση του αέρα δε λαμβάνεται υπόψη.

[Απ: 50km]

8. Η μάζα της Γης είναι 81 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα της Σελήνης και ο λόγος των ακτίνων τους είναι 11/3.

α) Αν η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης είναι $g_0=10$ N/kg να υπολογιστεί η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Σελήνης.

β) Ένα σώμα έχει στην επιφάνεια της Γης βάρος 700 N. Ποιο θα είναι το βάρος του στην επιφάνεια της Σελήνης;

9. Από διαστημική εξέδρα που βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης θέλουμε να εκτοξεύσουμε διαστημόπλοιο ώστε να εγκαταλείψει το πεδίο βαρύτητας της Γης. Να βρεθεί η ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να δώσουμε στο διαστημόπλοιο. Αγνοήστε τις επιδράσεις των άλλων ουράνιων σωμάτων πλην της Γης. Δίνονται η ακτίνα της Γης R_T και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της g_0 .

[Απ: $u_\delta = \sqrt{\frac{2g_0 R_T^2}{R_T+h}}$]

10. Να βρείτε την ταχύτητα διαφυγής ενός σώματος από την επιφάνεια πλανήτη με μάζα $m=M_T/8$ και πυκνότητα ίση με αυτή της Γης. Η ταχύτητα διαφυγής από τη Γη είναι $u=11,2$ km/s. Η Γη και ο πλανήτης να θεωρηθούν ομογενείς ακίνητες σφαίρες. Ο όγκος μιας σφαίρας δίνεται από τη σχέση $V=(4/3)\pi R^3$

[Απ: 5,6 km/s]

11. Η ταχύτητα με την οποία φτάνει ένας μετεωρίτης στη Γη μπορεί να εκτιμηθεί από το μέγεθος του κρατήρα που θα ανοίξει κατά την πρόσκρουσή του στην επιφάνεια της Γης. Από το μέγεθος ενός τέτοιου κρατήρα εκτιμάμε ότι ένας μετεωρίτης έφτασε στην επιφάνεια της Γης με ταχύτητα $u=65.000$ km/h. Υπολογίστε την ταχύτητα που είχε ο μετεωρίτης όταν έμπαινε στα όρια της βαρυτικής επίδρασης της Γης. Θεωρήστε τις τριβές που αναπτύσσονται κατά την κίνηση του μετεωρίτη στην ατμόσφαιρα της Γης αμελητέες και αγνοήστε την επίδραση των άλλων ουράνιων σωμάτων, πλην της Γης, στην κίνησή του. Δίνονται $R_T=6400$ km, και $g_0=10$ m/s²).

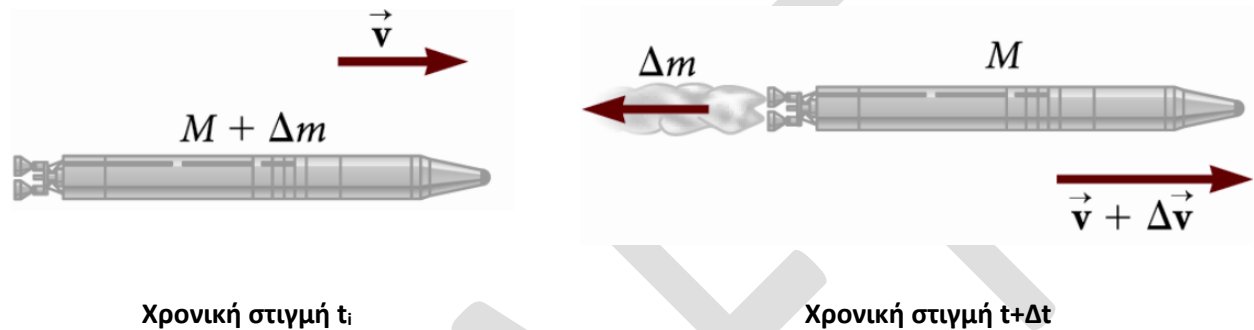
[Απ: 14×10^3 m/s]

12. Δύο μικρές σφαίρες με μάζες $m_1=m$ και $m_2=2m$ βρίσκονται σε απόσταση l μεταξύ τους και έξω από οποιοδήποτε πεδίο βαρύτητας. Να βρεθεί το σημείο του χώρου στο οποίο η ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργούν οι σφαίρες είναι μηδέν και στη συνέχεια να υπολογισθεί γι' αυτό το σημείο το δυναμικό του βαρυτικού πεδίου. Δίνεται η σταθερά παγκόσμιας έλξης G .

[Απ: $x = l(\sqrt{2} - 1)$ από την $m_1, -\frac{Gm}{l}(2\sqrt{2} + 4)$

5.0 Αρχή Λειτουργίας Πυραύλων

Η λειτουργία ενός πυραύλου εξαρτάται από τον νόμο διατήρησης της ορμής όπως αυτός εφαρμόζεται σε απομονωμένα συστήματα, όπου το σύστημα είναι ο πύραυλος μαζί με τα καύσιμα που αποβάλλονται με τη μορφή καυσαερίων στο διάστημα. Όταν ο πύραυλος κινείται στο διάστημα, η ορμή του μεταβάλλεται καθώς ένα μέρος της μάζας του αποβάλλεται με τη μορφή καυσαερίων. Τα καυσαέρια έχουν ορμή όταν αποβάλλονται από τον κινητήρα, οπότε ο πύραυλος δέχεται μια αντισταθμιστική ορμή προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στο διάστημα, το κέντρο μάζας του συστήματος κινείται ομαλά. Στην παράγραφο παρακάτω θα επεκτείνουμε την ανάλυση που ξεκινήσαμε για την κίνηση του πυραύλου με την βοήθεια της ΑΔΟ και μελετώντας το πύραυλο/εκτοξευτή ως σώμα με μεταβαλλόμενη μάζα.



Σχήμα 58: Κίνηση Πυραύλων με Μεταβαλλόμενη Μάζα

Για την ανάλυση της κίνησης του πυραύλου θεωρούμε ότι ο πύραυλος έχει αρχική μάζα M και εκτοξεύει μάζα με ταχύτητα $v_{εκτ}$ σχετικά με τον πύραυλο και ότι το σύστημα πύραυλος-εξάτμιση είναι απομονωμένο. Ξέρουμε λοιπόν για το σύστημα ότι:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0, p = \text{σταθερό}$$

Τη χρονική στιγμή t_i η αρχική μάζα του πυραύλου μαζί με τα καύσιμά του είναι $M + \Delta m$ και το μέτρο της ταχύτητάς του είναι v . Η αρχική ορμή του συστήματος είναι

$$P_i = (M + \Delta m)v$$

Τη χρονική στιγμή $t + \Delta t$, η μάζα του πυραύλου έχει μειωθεί σε M και μια ποσότητα Δm των καυσίμων του έχει εκτοξευτεί στο διάστημα. Το μέτρο της ταχύτητας του πυραύλου έχει αυξηθεί κατά Δv .

Εφαρμόζοντας διατήρηση της ορμής έχουμε:

$$\begin{aligned} p_i &= p_f \Rightarrow (M + \Delta m)v = M(v + \Delta v) + \Delta m(v - v_{εκτ}) \\ \Rightarrow Mv + v\Delta m &= Mv + M\Delta v + v\Delta m - v_{εκτ}(\Delta m) \\ \Rightarrow M\Delta v &= v_{εκτ} \Delta m \end{aligned}$$

Έστω τώρα ότι $\Delta t \rightarrow 0$ τότε $\Delta m \rightarrow dm$ και $\Delta M \rightarrow dM$ ενώ $dm = -dM$

Για $\Delta t \rightarrow 0$

$$\Rightarrow Mdv = -v_{εκτ} dM \Rightarrow dv = -v_{εκτ} (dM/M)$$

$$\int_{v_i}^{v_f} dv = -v_{εκτ} \int_{M_i}^{M_f} \frac{dM}{M}$$

$$v_f - v_i = -v_{εκτ} \ln(M) \Big|_{M_i}^{M_f}$$

$$v_f = v_i - v_{εκτ} (\ln M_f - \ln M_i)$$

$$v_f = v_i + v_{εκτ} \left(\ln \frac{M_i}{M_f} \right) \quad (26)$$

Απειρίζεται καθώς το $M_f \rightarrow 0$

Η αύξηση του μέτρου της ταχύτητας του πυραύλου είναι ανάλογη προς το μέτρο της ταχύτητας $v_{εκτ}$ των καυσαερίων του. Άρα, η ταχύτητα των καυσαερίων θα πρέπει να έχει πολύ μεγάλη τιμή. Η αύξηση του μέτρου της ταχύτητας του πυραύλου είναι ανάλογη προς τον φυσικό λογάριθμο του λόγου M_i/M_f . Συνεπώς, ο λόγος αυτός θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη τιμή. Δηλαδή, η μάζα του πυραύλου χωρίς τα καύσιμα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη και ο πύραυλος πρέπει να μεταφέρει όσο το δυνατόν περισσότερα καύσιμα.

Από την σχέση (26) μπορούμε να βρούμε ότι:

- Αν η αρχική μάζα του πυραύλου είναι $M = 10 \times m$ τότε $v = 2.3v_{εκτ}$
- Αν η μάζα είναι $M = 100 \times m$ τότε $v = 4.6v_{εκτ}$

Το κέρδος σε ταχύτητα είναι πολύ μικρό μεγαλώνοντας τη μάζα του πυραύλου.

Ώση

Η ώση, ή προωστική δύναμη, που δέχεται ο πύραυλος είναι η δύναμη που ασκούν σε αυτόν τα καυσαέρια.

$$\dot{\Omega}ση = M \frac{dv}{dt} = \left| v_{εκτ} \frac{dM}{dt} \right|$$

Η ώση αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα των καυσαερίων. Η ώση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο ρυθμός μεταβολής της μάζας. Ο ρυθμός μεταβολής της μάζας ονομάζεται ρυθμός καύσης.

Παράδειγμα 5-1

Ένας πύραυλος έχει αρχικά μάζα $m_0 = 2 \times 10^4$ kg, ρυθμό αποβολής αερίων $dm/dt = -100$ kg/s και ταχύτητα αποβολής αερίων ως προς τον πύραυλο σταθερή, με μέτρο 980 m/s. Ο πύραυλος πυροδοτείτε κατακόρυφα από την επιφάνεια της Γης. Μετά πόσο χρόνο από την πυροδότησή του θα αφήσει το έδαφος; Αγνοήστε την δύναμη που ασκεί το έδαφος στον πύραυλο. ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = m\vec{g} + \vec{v}_{exh} \frac{dm}{dt}$$

Για να αφήσει το έδαφος πρέπει:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} \geq 0, \quad m\vec{g} + \vec{v}_{exh} \frac{dm}{dt} \geq 0$$

ή

$$m\vec{g} + \vec{v}_{exh}(-\alpha) \geq 0 \quad (27)$$

$$m\vec{g} + \vec{v}_{exh}(-\alpha) \geq 0$$

Όπου

$$\frac{dm}{dt} = -a, \text{ όπου } a \text{ θετική σταθερά}$$

$$dm = -adt$$

$$\int_{m_o}^m dm = -\alpha \int_0^t dt \rightarrow m = m_o - \alpha t \quad (28)$$

Αντικαθιστώντας την σχέση (28) στην (27) έχουμε:

$$(m_o - \alpha t)\vec{g} + \vec{v}_{exh}(-\alpha) \geq 0$$

$$-(m_o - \alpha t)g + \alpha v_{exh} \geq 0$$

$$\alpha g t \geq m_o g - \alpha v_{exh}$$

$$t \geq \frac{m_o}{\alpha} - \frac{v_{exh}}{g}$$

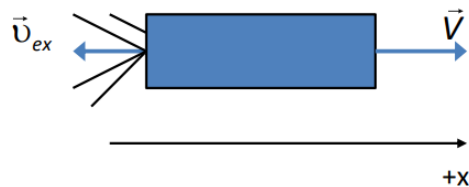
$$t \geq 100s$$

Παράδειγμα 5-2

Πύραυλος που βρίσκεται στο διάστημα, όπου η βαρύτητα θεωρείται αμελητέα, αρχικά ηρεμεί ως προς αδρανειακό σύστημα αναφοράς. Την χρονική στιγμή $t_o=0$ τίθεται σε λειτουργία το σύστημα πυροδότησης του.

α) ποιο ποσοστό της αρχικής του μάζας αποτελούν τα αέρια που θα έχουν αποβληθεί όταν το μέτρο της ταχύτητας του πυραύλου γίνει ίσο με το μέτρο της ταχύτητας εκπομπής των αερίων ως προς τον πύραυλο; (Θεωρούμε ότι η ταχύτητα εκπομπής των αερίων ως προς τον πύραυλο παραμένει σταθερή)

β) Έστω ότι η αρχική μάζα των καυσίμων είναι $m_{OK}=49m_{OP}$, όπου m_{OP} η μάζα του πυραύλου χωρίς καύσιμα και η ταχύτητα εκπομπής αερίων ως προς τον πύραυλο είναι $v_{ex}=3 \times 10^3 m/s$. Ποια η τελική ταχύτητα που θα αποκτήσει ο πύραυλος;



α)

$$\begin{aligned}
 F_{ext} &= m \frac{d\vec{V}}{dt} - \vec{v}_{exh} \frac{dm}{dt} \\
 \vec{F}_{ext} &= 0 \\
 m \frac{dV}{dt} &= \vec{v}_{exh} \frac{dm}{dt} \\
 mdV &= \vec{v}_{exh} dt \\
 dV &= \vec{v}_{exh} \frac{dm}{m} \\
 \int_0^{\vec{V}} dV &= v_{exh} \int_{m_0}^m \frac{dm}{m} \rightarrow V = \vec{v}_{exh} \ln \frac{m}{m_0} \quad (29)
 \end{aligned}$$

Όπου η σχέση (29) είναι η 'εξίσωση Tsiolkovsky' που ορίζει τον **θεμελιώδη νόμο της πυραυλικής προώθησης/κίνησης**.

Κατά τον άξονα x:

$$V = -v_{exh} \ln \frac{m}{m_0} = v_{exh} \ln \frac{m_0}{m}$$

Όταν $V = u_{exh}$ τότε:

$$u_{exh} = v_{exh} \ln \frac{m_0}{m}$$

$$\ln \frac{m_0}{m} = 1$$

$$e^1 = \frac{m_0}{m}$$

m_0 : αρχική μάζα του πυραύλου, m η μάζα του πυραύλου τη χρονική στιγμή που $V=u_{exh}$. Επομένως το ποσοστό της αρχικής μάζας του πυραύλου που θα αποτελούν τα αέρια που έχουν αποβληθεί τότε θα είναι:

$$\frac{m_0 - m}{m_0} = 1 - \frac{1}{e} = \frac{e - 1}{e}$$

β)

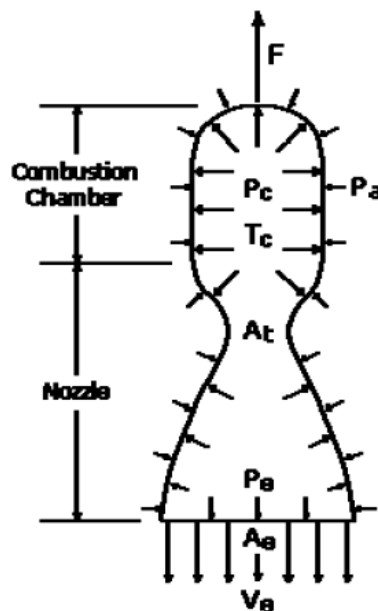
$$\vec{V}_{\tau\epsilon\lambda} = +\vec{v}_{exh} \ln \frac{m_{\tau\epsilon\lambda}}{m_0}$$

η $V_{\tau\epsilon\lambda}$ αντιστοιχεί στην τελική ταχύτητα του πυραύλου όταν θα έχουν αδειάσει όλα τα καύσιμα και επομένως $m_{\tau\epsilon\lambda}=m_{οπ}$, $m_0=m_{οπ}+m_{οκ}$

$$V_{\tau\epsilon\lambda} = -v_{exh} \ln \frac{m_{\tau\epsilon\lambda}}{m_0} = -v_{exh} \ln \frac{m_0}{m_{\tau\epsilon\lambda}} = v_{exh} \ln \frac{m_{οπ} + m_{οκ}}{m_{οπ}} = v_{exh} \ln \left(1 + \frac{m_{οκ}}{m_{οπ}} \right)$$

5.1 Ειδική Ώθηση

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται γραφικά ο *θάλαμος καύσης* (combustion chamber) ενός πυραυλικού κινητήρα με κατάλληλα σχεδιαζόμενο άνοιγμα το οποίο καλείται *ακροφύσιο* (nozzle) για την διαφυγή των καυσαερίων. Ο σχεδιασμός του θαλάμου καύσης και του ακροφύσιου εξόδου είναι τέτοιος ώστε η κατανομή της πίεσης εντός του θαλάμου να είναι ασύμμετρη, δηλαδή η πίεση να μεταβάλλεται πολύ λίγο εντός του θαλάμου καύσης αλλά να μειώνεται ελαφρά στην περιοχή του ακροφύσιου. Η δύναμη που αναπτύσσεται ως αποτέλεσμα της διαφοράς πίεσης εσωτερικά και εξωτερικά του θαλάμου έχει αντίθετη φορά αυτής των απαερίων, με αποτέλεσμα να ωθεί το θάλαμο προς τα επάνω και γι' αυτό καλείται *ώση* (thrust).



Σχήμα 59: Απεικόνιση Πυραυλοκινητήρα

Η δημιουργία πολύ υψηλής ταχύτητας καυσαερίων σε τέτοιες διατάξεις απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις που επιτυγχάνονται μόνον με την μείωση του Μοριακού Βάρους (MB) των καυσαερίων όσο το δυνατόν περισσότερο και την καύση εξειδικευμένων καυσίμων υλών, τα οποία καλούνται *προωθητικά* ή *προωθητικές ουσίες* (propellants), όρος που καλύπτει όλη τη γκάμα καυσίμων για πυραύλους. Επίσης απαιτείται να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η πίεση των αερίων στην εσωτερική περιοχή του ακροφύσιου δημιουργώντας μεγάλο λόγο διατομής, ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο του εμβαδού της επιφάνειας εξόδου A_e προς το εμβαδό της επιφάνειας της στένωσης (λαιμός-throat) A_t που εμφανίζεται εντός της γεωμετρίας του θαλάμου καύσης.

Η ώση F υπολογιζόμενη από την εφαρμογή της ΑΔΟ για τον πυραυλικό κινητήρα του Σχήματος 59, δίνεται από την:

$$F = qV_e + (P_e - P_a)A_e \quad (30)$$

ατμόσφαιρας εξωτερικά του θαλάμου, P_e η πίεση των καυσαερίων, A_e το εμβαδόν διατομής στην έξοδο του ακροφύσιου και V_e η ταχύτητα εξόδου των καυσαερίων. Όπως είναι φανερό, η μέγιστη παραγόμενη ώση προκύπτει όταν η πίεση των καυσαερίων είναι ίση με την πίεση της ατμόσφαιρας εξωτερικά του θαλάμου ($P_e = P_a$).

Αντίστοιχο χρήσιμο μέγεθος της ώσης είναι η ειδική ώθηση (specific impulse) I_{sp} ενός πυραυλικού συστήματος, η οποία ορίζεται από τη Σχέση 31 ως ο λόγος της ώσης δια τον ρυθμό ροής του εξερχόμενου βάρους των καυσαερίων:

$$I_{sp} = \frac{F}{qg_o} \quad (31)$$

όπου F η ώση, q είναι ο ρυθμός ροής μάζας των καυσαερίων στην έξοδο, και g_o η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας (9.80665 m/s^2). Ρυθμός ροής μάζας (κατανάλωση καυσίμου) q ή dm/dt ή \dot{m} .

Η ειδική ώθηση έχει διαστάσεις χρόνου και εκφράζεται σε μονάδες s . Εάν η ώση και ο ρυθμός ροής του εξερχόμενου βάρους των καυσαερίων παραμένουν σταθερές καθ' όλη την διάρκεια της καύσης του προωθητικού, η ειδική ώθηση αντιστοιχεί στον χρόνο για τον οποίο ο πυραυλικός κινητήρας παρέχει ώση ίση με το βάρος του προωθητικού που καταναλώνει. Για δεδομένο κινητήρα, η ειδική ώθηση έχει διαφορετική τιμή στην επιφάνεια της θάλασσας στη Γη από ότι στο κενό στο Διάστημα, μιας και η πίεση της ατμόσφαιρας που χρησιμοποιείται στον ορισμό της ώσης λαμβάνει εντελώς διαφορετική τιμή στις δύο αυτές καταστάσεις. Λόγω των απωλειών που εμφανίζονται σε κάθε πυραυλικός κινητήρα (μη αποτελεσματική καύση του προωθητικού, θερμικές απώλειες του ακροφύσιου, μηχανικές απώλειες των αντλητικών συστημάτων κλπ), οι πραγματικές τιμές της ειδικής ώθησης διαφέρουν από τις θεωρητικά υπολογιζόμενες σε ιδανικά ακροφύσια.

Τέλος ένα ακόμα χρήσιμο μέγεθος για την αποτίμηση της απόδοσης ενός πυραυλικού κινητήρα είναι η *χαρακτηριστική ταχύτητα εξόδου των καυσαερίων* (characteristic exhaust velocity), C^* (ή V_{exit}), η οποία είναι μέτρο της διαθέσιμης ενέργειας από την καύση του προωθητικού, η οποία δίνεται στη Σχέση 32:

$$C^* = \frac{P_c A_t}{q} \quad (32)$$

όπου P_c είναι η πίεση στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης και A_t το εμβαδόν διατομής στο σημείο στένωσης (λαιμός) του ακροφύσιου, q ρυθμός ροής του εξερχόμενου βάρους των καυσαερίων. Ένα συνηθισμένο εύρος μετρούμενων τιμών για την χαρακτηριστική ταχύτητα εξόδου των καυσαερίων C^* αναλόγως του χρησιμοποιούμενου προωθητικού μεταξύ 1333 m/s για την υδραζίνη ως μονοπρωθητικό και 2360 m/s για κρυογενικό μίγμα υδρογόνου/οξυγόνου.

5.2 Εξίσωση Tsiolkovsky - Θεμελιώδης Νόμος της Πυραυλικής Προώθησης/Κίνησης

Μέχρι στιγμής έχουμε ορίσει βασικά μεγέθη που μας επιτρέπουν να περιγράψουμε την κίνηση των πυραύλων και δορυφόρων τα οποία συνοπτικά είναι:

- Ώση (Thrust), $F = \dot{m}C$ ή $F = \dot{m} V_{EKT}$
- Ειδική Ώθηση $I_{sp} = \frac{F}{\dot{m}g} = \frac{C}{g}$
- Ταχύτητα $\Delta V = C \ln \left(\frac{m_{initial}}{m_{final}} \right) = I_{sp} g_o \ln \left(\frac{m_{initial}}{m_{final}} \right)$

Όπου:

$m_{initial}$, $m_{αρχικη}$, m_o = Αρχική μάζα πυραύλου πριν την πυροδότηση

m_{final} , $m_{τελικη}$, m_{τ} = Τελική μάζα πυραύλου μετά την πυροδότηση

Η Σχ. 29 που μας δίνει την ταχύτητα αναφέρεται ως η εξίσωση 'Tsiolkovsky' και αποτελεί τον θεμελιώδη νόμο της πυραυλικής προώθησης/κίνησης, την οποία διατύπωσε πρώτος ο Konstantin Tsiolkovsky. 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. 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.

Η εξίσωση 'Tsiolkovsky' μας επιτρέπει να υπολογίσουμε και την ταχύτητα αλλά και το καύσιμο (προωθητικό υλικό) που απαιτείται για να μεταφέρουμε ένα αντικείμενο όχι μόνο από την Γη στο Διάστημα αλλά και σε οποιοδήποτε πλανήτη ή σημείο του Ηλιακού μας συστήματος.

Παράδειγμα 5-3

Ένας πύραυλος ενός σταδίου είναι σε τροχιά με ταχύτητα 7.91 km/s. Υπολογίστε την μάζα των καυσίμων που χρειάζεται για να εκτοξεύσει έναν μικροδορυφόρο των 50kg αν ο κινητήρας του εκτοξεύει καυσαέρια με ταχύτητα 3000 m/s.

Απάντηση

$$v = u \ln \left(\frac{m_0}{m} \right), u=3000 \text{ m/s}, m_0=m+m_p$$

$$v = u \ln \left(\frac{m + m_p}{m} \right) \rightarrow \frac{v}{u} = \ln \left(1 + \frac{m_p}{m} \right) \rightarrow 1 + \frac{m_p}{m} = e^{\frac{v}{u}}$$

$$m_p = m \left(e^{\frac{v}{u}} - 1 \right) = 50 \left(e^{\frac{7010}{3000}} - 1 \right) = 50(13.97 - 1) = 700 \text{ kg}$$

Παράδειγμα 5-4

Υπολογίστε την επιτάχυνση ενός πυραύλου την στιγμή που ο πύραυλος μπαίνει σε τροχιά ($V=7.91 \text{ km/s}$), αν ο κινητήρας του εκτοξεύει καυσαέρια με ταχύτητα 3000 m/s, η μάζα του δορυφόρου είναι 5000 kg και ο ρυθμός κατανάλωσης καυσίμων είναι $\mu=100 \text{ kg/s}$. Ποια μεγέθη αυξάνουν την επιτάχυνση του πυραύλου;

Απάντηση

Έχουμε:

$$\left. \begin{array}{l} v = u \ln \left(\frac{m_0}{m} \right) \\ m(t) = m_0 - \mu t \end{array} \right\} v(t) = u \ln \frac{m_0}{m_0 - \mu t}$$

Παίρνουμε την παράγωγο της ταχύτητας για να βρούμε την επιτάχυνση

$$\frac{dv}{dt} = a(t) = u \frac{1}{\frac{m_0}{m_0 - \mu t}} \cdot \frac{(-m_0)(-\mu)}{(m_0 - \mu t)^2} = \frac{u(m_0 - \mu t)m_0\mu}{m_0(m_0 - \mu t)^2} = \frac{u\mu}{m_0 - \mu t}$$

Η επιτάχυνση είναι:

$$a = \frac{u\mu}{m_o - \mu t} = \frac{u\mu}{m} = \frac{3000 \cdot 100}{5000} = 60 \frac{m}{s^2} \approx 6g$$

Ποια μεγέθη αυξάνουν την επιτάχυνση του πυραύλου: u, t και μ. Απόδειξη:

i. Βρίσκουμε την μερική παράγωγο ως προς το *t*

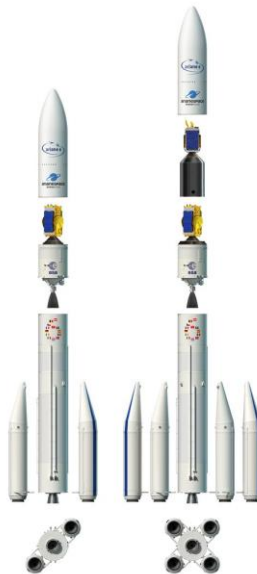
$$\frac{\partial a}{\partial t} = \frac{u\mu}{(m_o - \mu t)^2} \cdot (-\mu) = \frac{u\mu^2}{(m_o - \mu t)^2} > 0$$

ii. Βρίσκουμε την μερική παράγωγο ως προς το *μ*

$$\frac{\partial a}{\partial \mu} = \frac{u(m_o - \mu t) - u\mu(-t)}{(m_o - \mu t)^2} = \frac{um_o - u\mu t + u\mu t}{(m_o - \mu t)^2} = \frac{um_o}{(m_o - \mu t)^2} > 0$$

5.3 Στάδια Πυραύλων

Η σχεδίαση των πυραύλων/εκτοξευτών βασίζεται στην βασική αρχή των σταδίων, για την βελτιστοποίηση του βάρους/μάζας (μείωση) και την μεγιστοποίηση της τελικής ταχύτητας (τροχιακή ταχύτητα). Για να μεγιστοποιήσουμε την τελική ταχύτητα ενός πυραύλου ώστε το τελικό στάδιο με τον δορυφόρο φορτίο (ή αστροναύτη/αστροναύτες), με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση καυσίμων, προσπαθούμε να βρούμε σχεδιάσματα 'τεχνάσματα' ή λύσεις που θα επιτρέψουν να τοποθετήσουμε το φορτίο σε τροχιά με το λιγότερο βάρος, με την μικρότερη κατανάλωση αλλά και με το μικρότερο κόστος. Ο βασικότερος τρόπος που το κατορθώνουμε αυτό είναι η κατανομή του πυραύλου/εκτοξευτή σε αποσπώμενα στάδια τα οποία αφού έχουν καταναλώσει τα καύσιμά τους αποσπώνται με μηχανικό τρόπο (με τον κινητήρα τους) ως αναλώσιμα υλικά και επιτρέπουν την απόρριψη της αχρείαστης πλέον μάζας του πυραύλου (δεξαμενής, κινητήρα, δομής) η οποία πλέον δεν χρειάζεται για την προώθηση του πυραύλου και επιτρέπει την αύξηση της ταχύτητας ή καλύτερα της επιτάχυνσης, όπως την γνωρίζουμε από τον τύπο: $F = ma$



Σχήμα 60: Ο νέα οικογένεια πυραύλων του ΕΟΔ Ariane 6 με πολλαπλά στάδια

Έτσι το κάθε στάδιο του πυραύλου έχει τον δικό του κινητήρα ή κινητήρες και είναι απαραίτητο να υπολογίσουμε τον τρόπο με τον οποίο θα βρούμε την ταχύτητα και την κατανομή μάζας αλλά και το πόσα καύσιμα απαιτούνται για την λειτουργία του πυραύλου. Χρησιμοποιώντας λοιπόν την εξίσωση Tsiolkovsky (Σχ. 29):

$$\Delta V = I_{sp} g_0 \ln \left(\frac{m_{initial}}{m_{final}} \right)$$

Κάθε στάδιο του πυραύλου έχει αρχική/τελική μάζα και το I_{sp} για κάθε στάδιο μπορεί να διαφέρει (διαφορετικός κινητήρας). Έτσι το συνολικό ΔV του πυραύλου άθροισμα του ΔV του κάθε σταδίου:

$$\begin{aligned} \Delta V_{total} &= \Delta V_{stage 1} + \Delta V_{stage 2} + \dots + \Delta V_{stage n} \\ \Delta V_{total} &= I_{sp \text{ stage 1}} g_0 \ln \left(\frac{m_{initial \text{ stage 1}}}{m_{final \text{ stage 1}}} \right) \\ &+ I_{sp \text{ stage 2}} g_0 \ln \left(\frac{m_{initial \text{ stage 2}}}{m_{final \text{ stage 2}}} \right) + \dots \\ &+ I_{sp \text{ stage 3}} g_0 \ln \left(\frac{m_{initial \text{ stage 3}}}{m_{final \text{ stage 3}}} \right) \end{aligned} \quad (33)$$

Τι χρησιμοποιούμε για αρχική και τελική μάζα των σταδίων ενός πυραύλου:

- Αρχική μάζα: συνολική μάζα (βάρος) πριν την εκτόξευση
- Τελική μάζα; Η αρχική μάζα κάθε σταδίου (συμπεριλαμβανομένου των επόμενων σταδίων) μείον την μάζα των καυσίμων που έχουν καταναλωθεί στο συγκεκριμένο στάδιο (π.χ. στάδιο 1):

$$m_{final \text{ stage 1}} = m_{initial \text{ vehicle}} - m_{propellant \text{ stage 1}}$$

- Στάδιο 2, 3:

$$m_{final \text{ stage 2}} = m_{final \text{ stage 1}} - m_{structure \text{ stage 1}}$$

$$m_{final \text{ stage 2}} = m_{initial \text{ stage 2}} - m_{propellant \text{ stage 1}}$$

Η σχεδίαση πυραύλων με πολλαπλά στάδια έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα:

- Αύξηση φορτίου σε τροχιά για το ίδιο μέγεθος πυραύλου
- Αύξηση ταχύτητας με το ίδιο μέγεθος πυραύλου
- Μείωση της απόδοσης (I_{sp}) για την μεταφορά φορτίων σε τροχιά

Μειονεκτήματα

- Αύξηση πολυπλοκότητας (μηχανών, μηχανισμών)
- Μείωση της αξιοπιστίας του συστήματος (μεγαλύτερος αριθμός μηχανών κλπ)
- Αύξηση κόστους

Για τον σχεδιαστή πυραύλου, ένα κρίσιμο ερώτημα είναι, πόσα στάδια πρέπει να έχει ένας πύραυλος;

Παράδειγμα 5-5

Ένας πύραυλος 2 σταδίων έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά: 1^ο στάδιο – μάζα καυσίμων 120,000kg, μάζα δομής 9,000kg, 2^ο στάδιο - μάζα καυσίμων 30,000kg, μάζα δομής 3,000kg και μάζα φορτίου 3,000 kg. Η ειδική ώθηση 1^{ου} και 2^{ου} σταδίου είναι 260s και 320s αντίστοιχα. Βρείτε την ταχύτητα του πυραύλου ΔV .

Απάντηση

$$M_{o1} = 120,000 + 9,000 + 30,000 + 3,000 + 3,000 = 165,000 \text{ kg}$$

$$M_{f1} = 9,000 + 30,000 + 3,000 + 3,000 = 45,000 \text{ kg}$$

$$I_{sp1} = 260 \text{ s}$$

$$M_{o2} = 30,000 + 3,000 + 3,000$$

$$M_{f2} = 3,000 + 3,000 = 6,000 \text{ kg}$$

$$I_{sp2} = 320 \text{ s}$$

$$\Rightarrow C_1 = I_{sp1}g = 260(9.8) = 2,550 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow C_2 = 320(9.8) = 3,138 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \Delta V_1 = C_1 \ln[M_{o1}/M_{f1}] = 2,550 \ln[165,000/45,000] = 3,313 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \Delta V_2 = C_2 \ln[M_{o2}/M_{f2}] = 3,138 \ln[36,000/6,000] = 5,623 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \Delta V_{\text{Total}} = \Delta V_1 + \Delta V_2 = 3,313 + 5,623 = 8,936 \text{ m/s}$$

Ασκήσεις

13. Υπολογίστε την ανυψωτική ικανότητα του κάθε πυραύλου στον παρακάτω πίνακα. Ποιος είναι καλύτερος;

Πύραυλος	Παράμετροι	Φορτίο
Ενός σταδίου	$\Delta V = 8000 \text{ m/s}$ $I_{sp} = 480 \text{ s}$ $m_{\text{δομής}}=250 \text{ kg}$ $m_{\text{καύσιμα}}=1500\text{kg}$	$m_{\text{φορτίο1;}}$
Δύο σταδίων	$\Delta V = 8000 \text{ m/s}$ Στάδιο 2 $I_{sp} = 480 \text{ s}$ $m_{\text{δομής}}=140 \text{ kg}$ $m_{\text{καύσιμα}}=750\text{kg}$ Στάδιο 1 $I_{sp} = 480 \text{ s}$ $m_{\text{δομής}}=140 \text{ kg}$ $m_{\text{καύσιμα}}=750\text{kg}$	$m_{\text{φορτίο2;}}$

[$m_{\text{φορτίο1}} = 84 \text{ kg}$, $m_{\text{φορτίο2}} = 175 \text{ kg}$]

14. Ένας πύραυλος 2 σταδίων προς εκτόξευση έχει σαν σχεδιαστικό στόχο να παράγει ένα ΔV (ΔV_{design}) = 10,000 m/s. Η συνολική μάζα του 2^{ου} σταδίου (συμπεριλαμβανομένων της δομής και των καυσίμων) είναι 12,000 kg, 9,000 kg από τα οποία είναι καύσιμα. Το φορτίο (δορυφόρος) έχει μάζα 2,000 kg. Το I_{sp} του πρώτου σταδίου είναι 350s και του 2^{ου} σταδίου είναι 400s. Η μάζα της δομής του πρώτου σταδίου είναι 8,000 kg. Ποια πρέπει να είναι η μάζα των καυσίμων που πρέπει να έχει το πρώτο στάδιο του πυραύλου για να πετύχει την απαιτούμενη ΔV_{design} ? Ποια είναι η συνολική μάζα του πυραύλου πριν την εκτόξευση?

[$m_{\text{initial}} = 124,821 \text{ kg}$, $m_{\text{propellant}} = 102,821 \text{ kg}$]

Βιβλιογραφία

- J. Sellers, W. Astore, R. Griffin, W. Larson, 'Understanding Space: An Introduction to Astronautics', 3rd Edition, Space Technology Series, Mc Graw Hill, 2014, ISBN 0073407753
- J. R. Wertz, D. F. Everett, J. J. Puschell, 'Space Mission Engineering: The New SMAD (Space Technology Library, Vol. 28, 2014, ISBN 1881883159
- Σ. Κριμιζής, Μ. Προβατάς, 'Όλα σε μια Ζωή', Εκδόσεις Παπαδόπουλος, 2020, ISBN 978-960-484-543-9
- Σ. Κριμιζής 'Ταξίδι στο Ηλιακό Σύστημα – Από τον Ερμή στον Πλούτωνα σε 50 χρόνια', Εκδόσεις Παπαδόπουλος, 2020, ISBN 978-960-569-744-0
- U. Walter, 'Astronautics, The Physics of Space Flight', 3rd Edition, 2018, Springer, ISBN 3319743721
- OECD (2014), The Space Economy at a Glance 2014, OECD Publishing, <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/eb5e9fd1-el/index.html?itemId=/content/component/eb5e9fd1-el>
- Φυσική Β Λυκείου , Link:<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B134/513/3336,13455/>
- A. Πομόνη. «Μηχανική Ρευστομηχανική. Ενότητα 6». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/PHY1901/>
- G. P. Sutton, O. Biblarz, Rocket Propulsion Elements, 8th Edition, John Wiley & Sons Inc., New York 2010
- P. Sforza, Theory of Aerospace Propulsion, 1st Edition, Butterworth-Heinemann, London 2011
- Κ. Γ. Κολοβός, 'Κινητήρες πυραύλων και προωθητικά πυραυλικών Συστημάτων', ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΠΛΩΝ «ΑΘΗΝΑ» - www.armscontrol.info
- A. Πολυζάκης, 'Αεροδιαστημικά Προωθητικά Συστήματα', Εκδόσεις PowerHeatCool, Έκδοση 1^η, 2019, ISBN: 978-618-83590-5-5T

Σύντομο βιογραφικό - Καθ. Βάιος Λάμπας



Ο Καθ. Βάιος Λάμπας είναι απόφοιτος Μηχ. Αεροναυπηγός (B. Eng) του Ryerson University (Toronto, Canada) και Μηχ. Διαστημικής (MSc) του International Space University (Strasbourg, France). Πήρε το Διδακτορικό του από το Πανεπιστήμιο του Surrey (UK) το 2002. Έχει διατελέσει Lecturer, Senior Lecturer, Reader και Professor in Space Vehicle Control στο Πανεπιστήμιο του Surrey, όπου συμμετείχε ως Co/Principal Investigator σε ερευνητικά προγράμματα και διαστημικές αποστολές με χρηματοδότηση των Airbus Defense and Space, European Space Agency, NASA, European Commission (FP7). Μετέχει σε τεχνικές επιτροπές (Small Satellites, GNC, Deployable Structures) του American Institute of Aeronautics and Astronautics, είναι Associate Editor του Journal of Aerospace Engineering, Journal of Spacecraft & Rockets και μετέχει στην επιτροπή Space Advisory Group (SAG) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για θέματα έρευνας και ανάπτυξης του Διαστήματος από το 2011-2015. Συμμετέχει ως εθνικός εκπρόσωπος, στον τομέα συστημάτων ελέγχου και πλοήγησης, στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Άμυνας (European Defence Agency). Από το 2015 διδάσκει ως καθηγητής Αεροδιαστημικής στο Πανεπιστήμιο του Cranfield (Cranfield University), στα μεταπτυχιακά προγράμματα Αυτόνομων Συστημάτων (MSc in Autonomous Vehicles, Dynamics and Control) και Αστροναυτικής/Διαστημικών Συστημάτων (MSc in Astronautics) αλλά και μετέχει ενεργά σε χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα της Διαστημικής Υπηρεσίας του ΗΒ, ΕΟΔ, Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ και άλλων φορέων. Από το Ιανουάριο του 2015 εργάζεται στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μηχανικής του Παν/ίου Πατρών στο Τμήμα Μηχανολόγων/Αεροναυπηγών και ασχολείται με την έρευνα και ανάπτυξη συστημάτων και τεχνολογίας του Διαστήματος, αυτόνομων συστημάτων αεροδιαστημικής και μη επανδρωμένων αεροσκαφών, χρηματοδοτούμενα από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος, Ευρωπαϊκή Ένωση (Horizon 2020) και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Άμυνας. Μετέχει στην ομάδα διδασκόντων του διαπανεπιστημιακού μεταπτυχιακού Διαστημικής Τεχνολογίας, Εφαρμογών και Υπηρεσιών (<http://www.star.uoa.gr/>) του Πανεπιστημίου Πατρών και Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) από την δημιουργία του (2019). Από το Οκτώβριο του 2019, αποτελεί μέλος (Θέση N407) της ομάδα διδασκόντων στο νέο τμήμα Αεροδιαστημικής Επιστήμης και Τεχνολογίας (ΑΕΤ) του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (<http://www.aerospace.uoa.gr/>).

