



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ,
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ και ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ**

**M802 Fundamentals of Satellite
Systems & Subsystems**

**Διάλεξη 2: Διαστημικά Συστήματα,
Διαστημικό Περιβάλλον & Εκτοξευτές
18.10.22**

Καθ. Β. Λάππας

Email: vlappas@upatras.gr



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ**
UNIVERSITY OF PATRAS



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

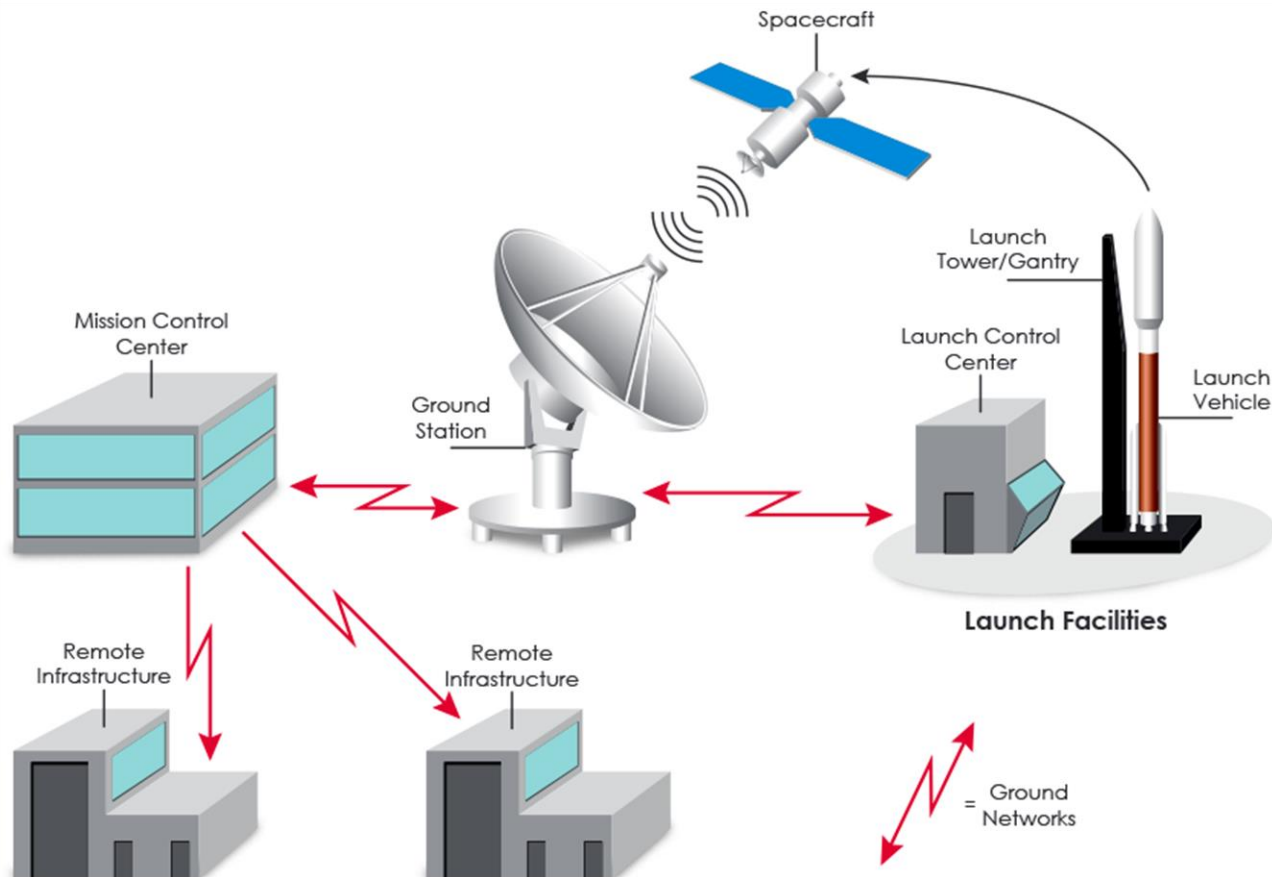
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Πρόγραμμα

- Εβδομάδα 1: Ιστορία και περιεχόμενο: Ιστορικά στοιχεία της ανάπτυξης του χώρου του διαστήματος, των οργανισμών, της πολιτικής, της οικονομίας του διαστήματος, της χρηματοδότησης, των μελλοντικών αποστολών - μελέτες.
- Εβδομάδα 2: Εισαγωγή στη μεθοδολογία σχεδιασμού ενός διαστημικού συστήματος: απαιτήσεις, προδιαγραφές σχεδιασμού, προϋπολογισμοί συστημάτων. Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική διαστημικού συστήματος. Διαστημικοί φορείς.
- Εβδομάδα 2: Διάστημα και διαστημικό περιβάλλον : Ακτινοβολία, κενό, θραύσματα, φόρτιση διαστημικών σκαφών, συμπεριφορά υλικών και απαέρωση.
- Εβδομάδα 3: Μηχανική τροχιών: τροχιές, σχεδιασμός τροχιάς και χειρισμοί διαστημικών σκαφών
- Εβδομάδες 4-10: Σχεδίαση υποσυστημάτων διαστημικών οχημάτων: Δομή και διαμόρφωση. Ισχύς, προϋπολογισμός ισχύος, ηλιακή συστοιχία και μέγεθος μπαταριών. Επικοινωνίες και προϋπολογισμός σύνδεσης. Προσδιορισμός και έλεγχος προσανατολισμού. Προσδιορισμός και έλεγχος τροχιάς. Προωθητικός θερμικός έλεγχος.
- Εβδομάδα 11: Τύποι αποστολής και ωφέλιμου φορτίου. Διαμόρφωση διαστημικών σκαφών: παράδειγμα διαμόρφωσης διαστημικού οχήματος σχεδιασμένο για διάφορες αποστολές – μελέτη μικρού δορυφόρου
- Εβδομάδα 12: Επανάληψη, προβλήματα / θεματολογία εξετάσεων

Συστήματα Διαστημικής

- Διαστημικός Τομέας (Δορυφόρος, Διαστημόπλοιο, ρομποτικό όχημα)
- Σταθμοί εδάφους, ελέγχου
- Τελικοί χρήστες του συστήματος (επιστήμονες, μηχανικοί...)



Διαστημικές Τεχνολογίες/Πλατφόρμες



Τι είναι το Διάστημα?



Έχοντας μελετήσει πρώτη τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας η NASA κάνοντας δοκιμές υπερηχητικών αεροσκαφών την δεκαετία του 1950/1960, θεωρούμε ότι το Διάστημα ξεκινά από το σημείο/ύψος που ένα αντικείμενο μπορεί να μείνει σε τροχιά (έστω και για μία μέρα ή ώρες) πριν η αεροδυναμική τριβή της ατμόσφαιρας το τραβήξει πίσω στην Γη.



Το Ηλιακό Σύστημα

- Στο κέντρο του Ηλιακού συστήματος είναι ο Ήλιος, το κοντινότερο αστέρι στην Γη.
- Ο Ήλιος θεωρείτε ένα μικρό αστέρι από τα δισεκατομμύρια αστέρια που υπάρχουν στον γαλαξία μας και ως αστέρι λειτουργεί μέσω της πυρηνικής σύντηξης, όπου 600 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου ενώνονται μαζί το κάθε δευτερόλεπτο.
- Τα δύο προϊόντα της σύντηξης που περισσότερο μας ενδιαφέρουν είναι: (1) Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (2) φορτισμένα σωματίδια



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μας ενδιαφέρει γιατί είναι ένας σημαντικός τρόπος μεταφοράς ενέργειας από ένα σημείο σε ένα άλλο.
- Για παράδειγμα η ακτινοβολία του Ήλιου μεταφέρει ενέργεια από την επιφάνεια του σε όλες της κατευθύνσεις μέσω κυμάτων τα οποία μπορούμε να κωδικοποιήσουμε με φυσικό και μαθηματικό τρόπο χρησιμοποιώντας το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, λ .
- Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτινοβολία, θερμότητα που φτάνει στην Γη αλλά και τον αντίκτυπο που έχει σε δορυφόρους σε τροχιά ή σε διαστημόπλοια που ταξιδεύουν στο Ηλιακό μας σύστημα.



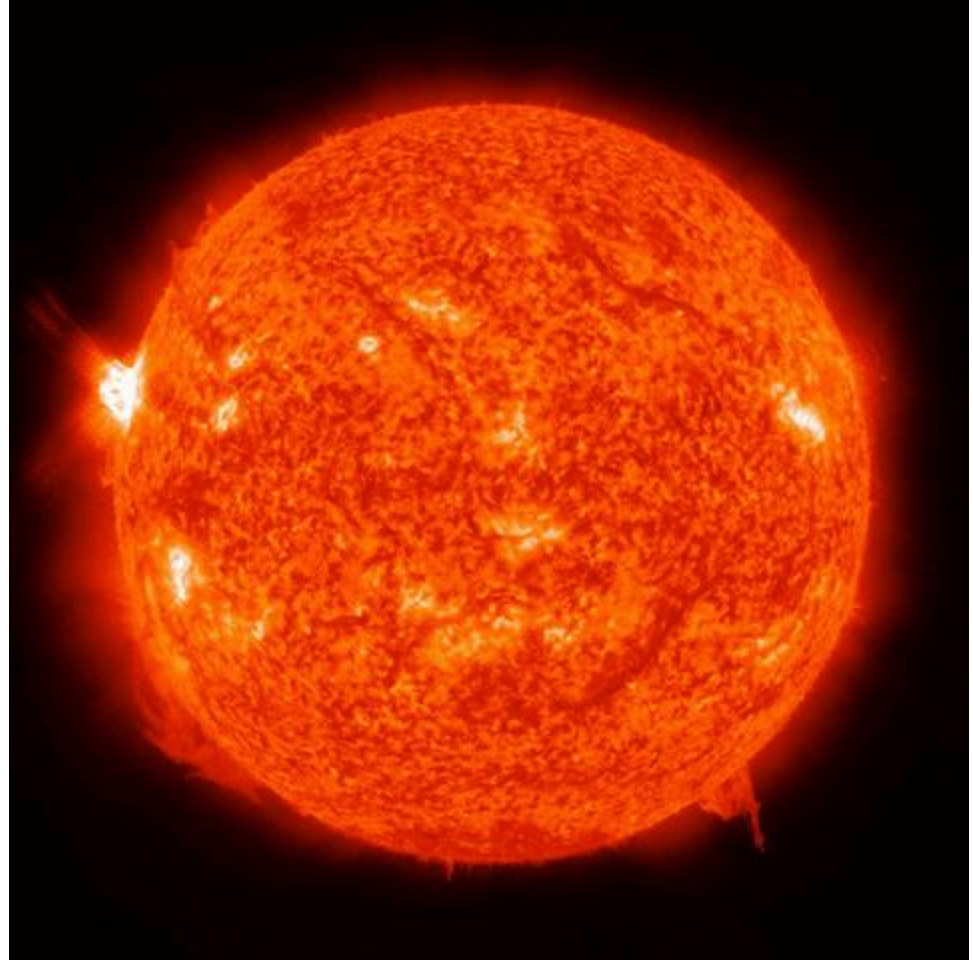
Φορτισμένα σωματίδια

- Τα φορτισμένα σωματίδια (ηλεκτρόνια, πρωτόνια).
- Με την τρομακτική θερμότητα και ενέργεια που παράγει ο Ήλιος ($> 1000000 \text{ }^\circ\text{C}$) τα φορτισμένα σωματίδια θερμαίνονται και μετατρέπονται σε πλάσμα.
- Επίσης τα σωματίδια αυτά αντιδρούν στα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και αποκτούν ταχύτητες που ξεπερνούν τα 700 km/s (!!) και δημιουργούν τον Ηλιακό άνεμο (solar wind) που φτάνει σε όλο το Ηλιακό σύστημα.

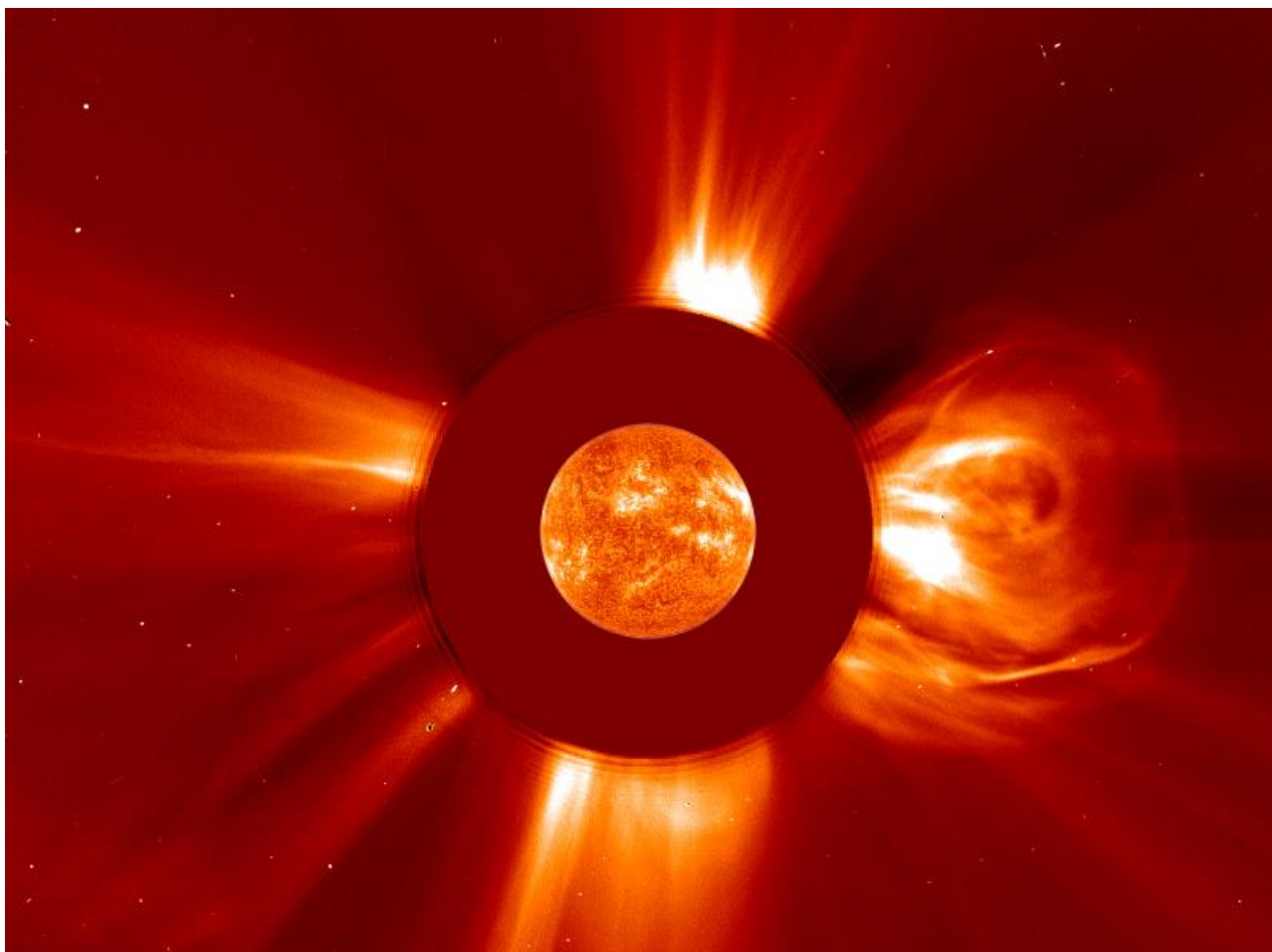


Ηλιακή Έκλαμψη

- Άλλο ένα σημαντικό φαινόμενο στον Ήλιο είναι οι ηλιακές εκλάμψεις (ή ηλιακές εκρήξεις), που σε ένταση και μέγεθος είναι τρομακτικά μεγάλες, τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από τις πυρηνικές εκρήξεις που γνωρίζουμε στην Γη.
- Οι ηλιακές εκλάμψεις, που διαρκούν 1-2 μέρες ή και λιγότερο είναι τόσο βίαιες που φτάνουν στην Γη (απόσταση 150 εκατ. km) και επηρεάζουν τον καιρό μας αλλά και έχουν αντίκτυπο στην λειτουργία ηλεκτρονικών στην Γη και στους δορυφόρους στο Διάστημα



Ηλιακή Έκλαμψη



Ηλιακή Έκλαμψη (Ηλιακή καταιγίδα) που καταγράφηκε στις 2/4/2001 από το διαστημόπλοιο SOHO. Η έκλαμψη είναι η μεγαλύτερη που έχει καταγραφεί ποτέ έως σήμερα (ακόμα και από αυτή του 1989 που βραχυκύκλωσε σταθμό ενέργειας στον Καναδά, στέλνοντας πλάσμα (ηλιακός άνεμος) με ταχύτητες πάνω από 7.2 εκατ. km/hr, ευτυχώς όχι προς την κατεύθυνση της Γης.

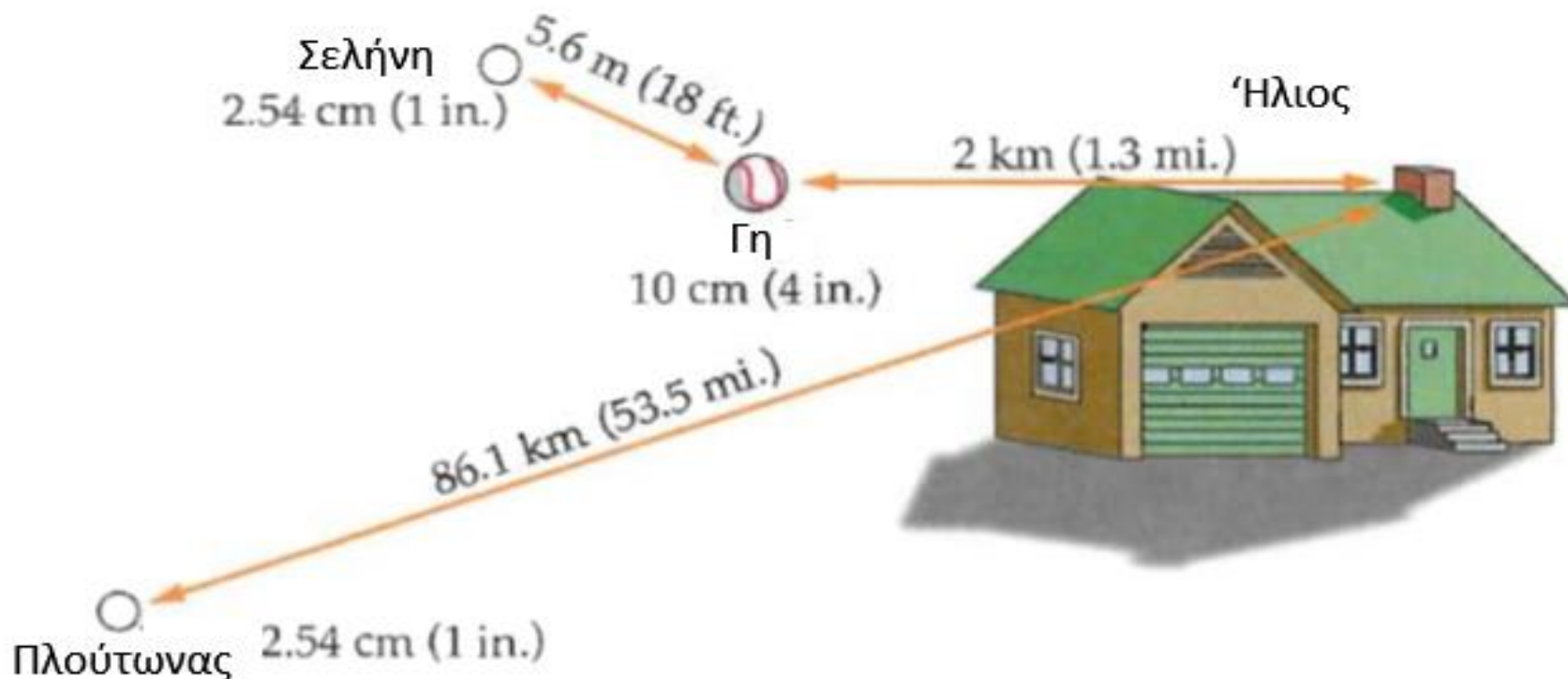


Πλανήτες

- Εκτός από τον ήλιο, εννέα πλανήτες, δεκάδες φεγγάρια και χιλιάδες αστεροειδείς βρίσκονται ακόμα στο ηλιακό μας σύστημα
- Οι πλανήτες κυμαίνονται από τις μικρούς βραχώδεις - τον Ερμή, τη Αφροδίτη, τη Γη και τον Άρη - έως τους αέριους γίγαντες - τον Δία, τον Κρόνο, τον Ουρανό και τον Ποσειδώνα.
- Ο μικροσκοπικός Πλούτωνα είναι μόνος στην άκρη του ηλιακού συστήματος και μπορεί να είναι ένα χαμένο φεγγάρι του Ποσειδώνα

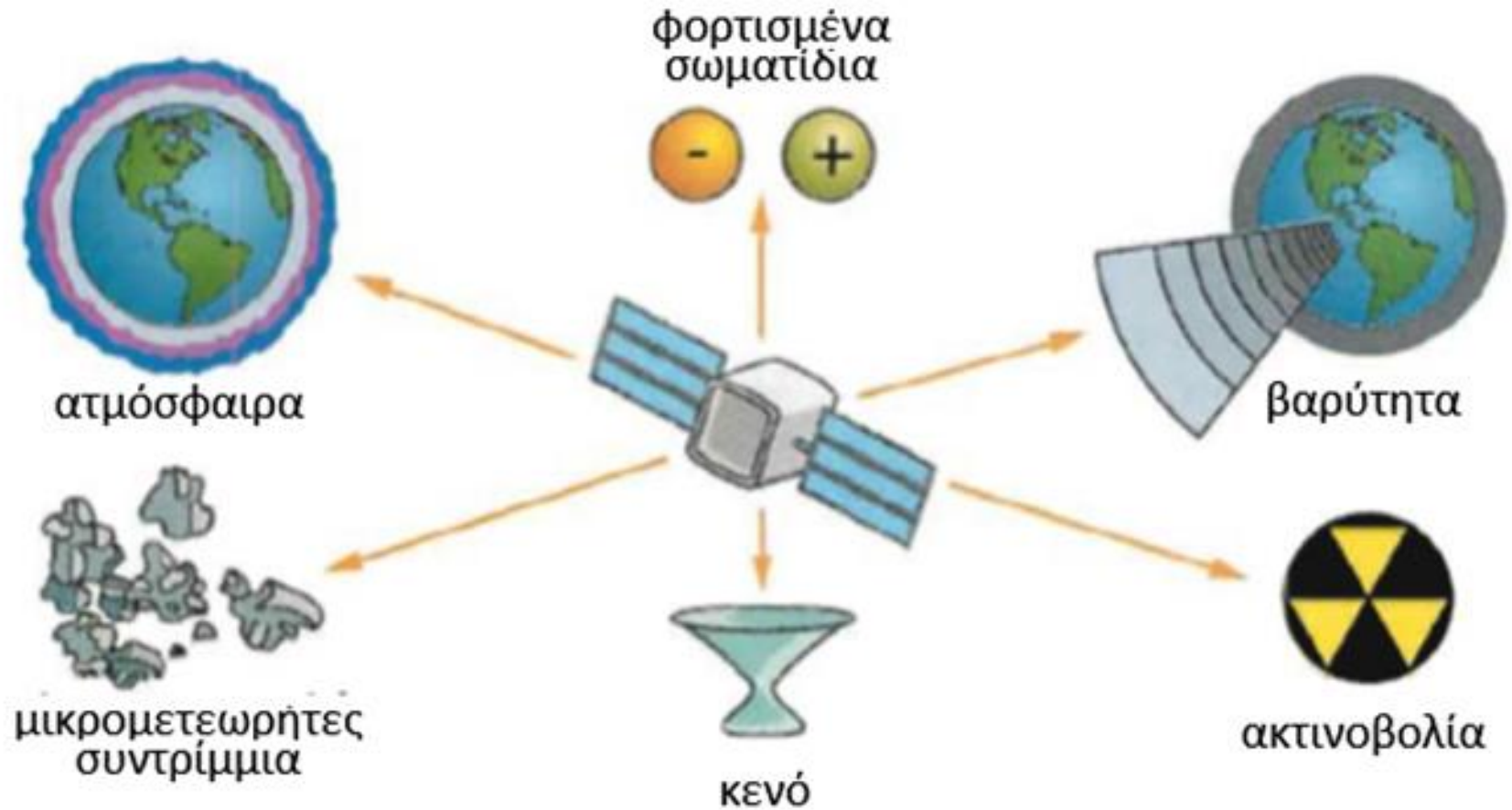


Ηλιακό Σύστημα σε...κλίμακα



Το Ηλιακό μας Σύστημα κατά Αναλογία/Κλίμακα θεωρώντας την Γη ως μία μπάλα baseball

Διαστημικό Περιβάλλον



Παράγοντες του Διαστημικού Περιβάλλοντος που επηρεάζουν την λειτουργία δορυφόρων



Βαρύτητα

- Κάθε φορά που βλέπουμε αστροναύτες στην τηλεόραση που επιπλέουν γύρω από το διαστημικό σκάφος, ακούμε συχνά ότι βρίσκονται σε "μηδενική βαρύτητα".
- Αυτό δεν είναι αλήθεια! Όπως θα δούμε, όλα τα αντικείμενα έλκουν το ένα το άλλο με βαρυτική δύναμη ανάλογη της μάζα τους.
- Αυτή η δύναμη μειώνεται καθώς τα αντικείμενα απομακρύνονται μεταξύ τους.
- Συνεπώς η βαρύτητα δεν εξαφανίζεται μόλις φτάσουμε στο διάστημα.
- Σε μια χαμηλή τροχιά, για παράδειγμα, σε υψόμετρο 300 χλμ., η έλξη της βαρύτητας εξακολουθεί να είναι το 91% αυτής που συναντάται στην επιφάνεια της Γης.



Βαρύτητα

- Πως λοιπόν οι αστροναύτες επιπλέουν στο διαστημικό σκάφος τους;
- Ένα διαστημικό σκάφος και ότι υπάρχει μέσα σε αυτό βρίσκεται σε ελεύθερη πτώση.
- Όπως υποδηλώνει ο όρος, ένα αντικείμενο σε ελεύθερη πτώση πέφτει υπό την επίδραση της βαρύτητας, απαλλαγμένο από οποιεσδήποτε άλλες δυνάμεις.
- Ελεύθερη πτώση είναι αυτή η στιγμιαία αίσθηση που παίρνετε όταν πηδάτε από μια εξέδρα καταδύσεων.
- Στην ελεύθερη πτώση δεν αισθάνεστε τη δύναμη της βαρύτητας παρόλο που υπάρχει βαρύτητα.
- Οι δυνάμεις που δρουν μόνο στην επιφάνεια ενός αντικειμένου ονομάζονται δυνάμεις επαφής.
- Οι αστροναύτες σε τροχιά δεν βιώνουν δυνάμεις επαφής επειδή αυτοί και τα διαστημικά σκάφη τους βρίσκονται σε ελεύθερη πτώση, όχι σε επαφή με την επιφάνεια της Γης.

Βαρύτητα



Αστροναύτες σε περιβάλλον μικροβαρύτητας στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό



Ατμόσφαιρα

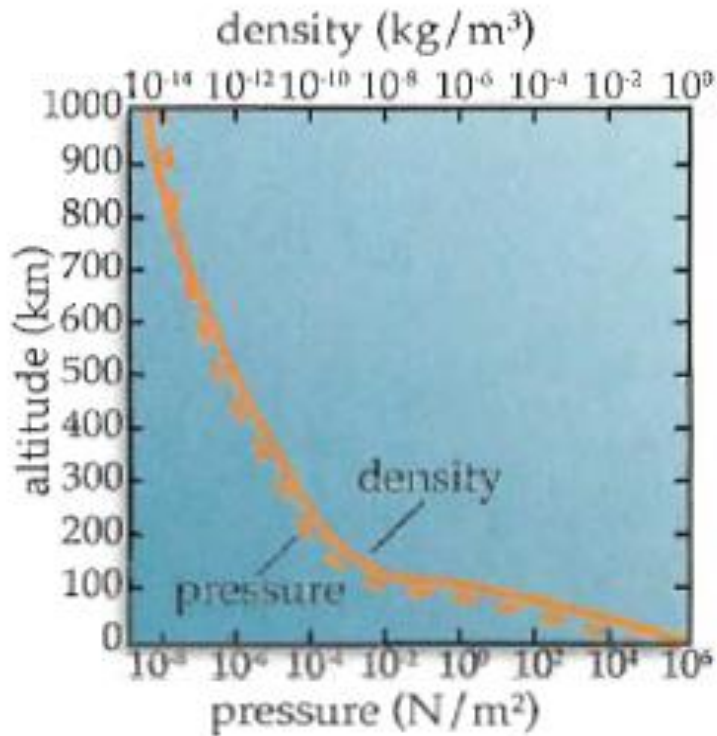
- Η ατμόσφαιρα της Γης επηρεάζει ένα διαστημικό σκάφος σε χαμηλή τροχιά (κάτω από περίπου 600 χλμ. υψόμετρο), με δύο τρόπους
 - Μειώνει τη διάρκεια ζωής του
 - Διαβρώνει το διαστημικό σκάφος (οξείδωση παρουσία ατομικού οξυγόνου)
- Ενώ η ατμόσφαιρα αποτελεί μόνο ένα λεπτό στρώμα γύρω από τη Γη, ένα διαστημικό σκάφος σε χαμηλή τροχιά μπορεί ακόμα να αισθανθεί την επίδραση της.
- Με την πάροδο του χρόνου, μπορεί να σύρει ένα διαστημικό σκάφος πίσω στη Γη, και το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται στο διάστημα.
- Δύο όροι είναι σημαντικοί για την κατανόηση της ατμόσφαιρας – η πίεση και η πυκνότητα.
- Η ατμοσφαιρική πίεση αντιπροσωπεύει την ποσότητα δύναμης ανά μονάδα επιφανείας που ασκείται από το βάρος της ατμόσφαιρας. Η ατμοσφαιρική πυκνότητα αντιπροσωπεύει την ποσότητα αέρας που βρίσκεται σε δεδομένο όγκο.
- Καθώς πηγαίνουμε υψηλότερα στην ατμόσφαιρα, η πίεση και η πυκνότητα αρχίζουν να μειώνονται με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό



Ατμόσφαιρα

- Η ατμόσφαιρα της γης δεν σταματά απότομα.
- Ακόμα και σε αρκετά μεγάλα υψόμετρα, μέχρι και 600 χλμ. η ατμόσφαιρα συνεχίζει να επιβραδύνει τα διαστημικά σκάφη που βρίσκονται σε τροχιά εξαιτίας της οπισθέλκουσας δύναμη/ατμοσφαιρικής τριβής.
- Η ατμοσφαιρική οπισθέλκουσα είναι η δύναμη που αισθάνεστε όταν έχετε το χέρι σας έξω από το παράθυρο ενός αυτοκινήτου που κινείται.
- Το μέγεθος αυτής της δύναμης εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα, την ταχύτητα, το σχήμα και το μέγεθος του χεριού σας καθώς και από τον προσανατολισμό του χεριού σας σε σχέση με τη ροή του αέρα.
- Ομοίως, η οπισθέλκουσα δύναμη σε ένα διαστημικό σκάφος σε τροχιά εξαρτάται από τις ίδιες μεταβλητές: την πυκνότητα του αέρα καθώς και την ταχύτητα, το σχήμα, το μέγεθος και τον προσανατολισμό του διαστημικού οχήματος ως προς τη ροή του αέρα.

Ατμόσφαιρα



(Αριστερά) Η Ατμόσφαιρα της Γης. Η πυκνότητα μειώνεται εκθετικά με το ύψος. (Δεξιά) Επανείσοδος του Διαστημικού Λεωφορείου. Η αεροδυναμική τριβή ελαττώνει την ταχύτητα αλλά η τριβή θερμαίνει τα θερμικά πλακίδια/ασπίδα του οχήματος σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (> 2000 °C)



Ατομικό οξυγόνο O

- Εκτός από την οπισθέλκουσα δύναμη/ατμοσφαιρική τριβή, πρέπει επίσης να εξετάσουμε τη φύση του αέρα.
- Στην επιφάνεια της θάλασσας, ο αέρας είναι περίπου 21% οξυγόνο, 78% άζωτο και 1% διάφορα άλλα αέρια, όπως αργό και διοξείδιο του άνθρακα.
- Κανονικά, συναντάμε τα άτομα οξυγόνου σε ομάδες των δύο μορίων, με συντομογραφία O_2 .
- Υπό κανονικές συνθήκες, όταν ένα μόριο οξυγόνου διασπάται για οποιοδήποτε λόγο, τα άτομα μετατρέπονται γρήγορα σε ένα νέο μόριο.
- Στα ανώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας, τα μόρια οξυγόνου είναι λίγα και πολύ μακριά μεταξύ τους.
- Έτσι, όταν η ακτινοβολία και τα φορτισμένα σωματίδια προκαλούν τη διάσπαση τους, δεν μπορούν να δημιουργήσουν ένα νέο μόριο, αφήνοντας ως παράγωγο το ατομικό οξυγόνο, με συντομογραφία O

Ατομικό οξυγόνο O

- Ποιο είναι όμως το πρόβλημα με το O;
- Όλοι έχουμε δει το αποτέλεσμα της έκθεσης ενός μεταλλικού κομματιού έξω για μερικούς μήνες ή χρόνια – τη «σκουριά».
- Από χημική άποψη, σκουριά είναι η οξείδωση και εμφανίζεται όταν τα μόρια οξυγόνου στον αέρα αντιδρούν με το μέταλλο.
- Το πρόβλημα της οξείδωσης είναι αρκετά σημαντικό παρουσία του O₂, αλλά η οξείδωση είναι πολύ εντονότερη παρουσία του ατομικού οξυγόνου O.
- Τα διαστημικά οχήματα που εκτίθενται σε ατομικό οξυγόνο παρουσιάζουν φθορές ή σκουριά στις επιφανειών τους, γεγονός που μπορεί τελικά να μειώσει την αντοχή των υλικών, να αλλάξει τα θερμικά τους χαρακτηριστικά και να υποβαθμίσει την απόδοση των αισθητήρων.



Κενό

- Πέρα από το λεπτό στρώμα της ατμόσφαιρας της Γης, αρχίζει το διάστημα. Το περιβάλλον κενού δημιουργεί τρία σημαντικά προβλήματα στα διαστημικά σκάφη
 - Απαέρωση υλικών διαστημικών οχημάτων στο κενό
 - Ψυχρή συγκόλληση - συγκόλληση μετάλλων
 - Μεταφορά θερμότητας – μέσω ακτινοβολίας



Κενό

- Το περιβάλλον κενού δημιουργεί πρόβλημα στη μεταφορά θερμότητας.
- Όπως θα δούμε, η θερμότητα μεταφέρεται με τρεις τρόπου, με αγωγή, συναγωγή και θερμική ακτινοβολία.
- Η αγωγή είναι η ροή θερμότητας απευθείας από ένα σημείο σε ένα άλλο μέσω ενός μέσου.
- Εάν κρατήσετε ένα μακρύ κομμάτι μέταλλο πάνω από μια φωτιά από την μία άκρη του, θα ανακαλύψετε γρήγορα πώς λειτουργεί η αγωγή θερμότητας όταν αρχίζουν να ζεσταίνονται τα δάχτυλά σας.
- Η δεύτερη μέθοδος μεταφοράς θερμότητας είναι η συναγωγή. Η συναγωγή συμβαίνει όταν η βαρύτητα, ο άνεμος ή κάποια άλλη δύναμη κινεί ένα υγρό ή ένα αέριο πάνω σε μια θερμή επιφάνεια.
- Τότε υπάρχει μεταφορά θερμότητας από την επιφάνεια στο ρευστό.
- Το φαινόμενο της συναγωγής το συναντάμε όταν νιώθουμε το κρύο από ένα αεράκι ή βράζουμε νερό σε ένα σκεύος πάνω στην εστία της ηλεκτρικής κουζίνας.
- *Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τις δύο αυτές μεθόδους για να μεταφέρουμε τη θερμότητα γύρω από ένα διαστημικό σκάφος, αλλά όχι για να αφαιρέσουμε τη θερμότητα από αυτό.*
- *Συνεπώς, χρησιμοποιούμε την τρίτη μέθοδο μετάδοσης, την θερμική ακτινοβολία*



Θερμική ακτινοβολία

- Η θερμική ακτινοβολία είναι ένας τρόπος μεταφοράς ενέργειας από το ένα σημείο στο άλλο.
- Π.χ. Η θερμότητα που νιώθετε να προέρχεται από τα πηνία ενός θερμαντήρα χώρου μεταφέρεται με θερμική ακτινοβολία.
- **Επειδή η θερμική ακτινοβολία δεν χρειάζεται ένα στερεό ή υγρό μέσο για να διαδοθεί, αποτελεί την κύρια μέθοδο μεταφοράς θερμότητας προς και εκτός ενός διαστημικού σκάφους**



Μικρομετεωρήτες και Διαστημικά απόβλητα

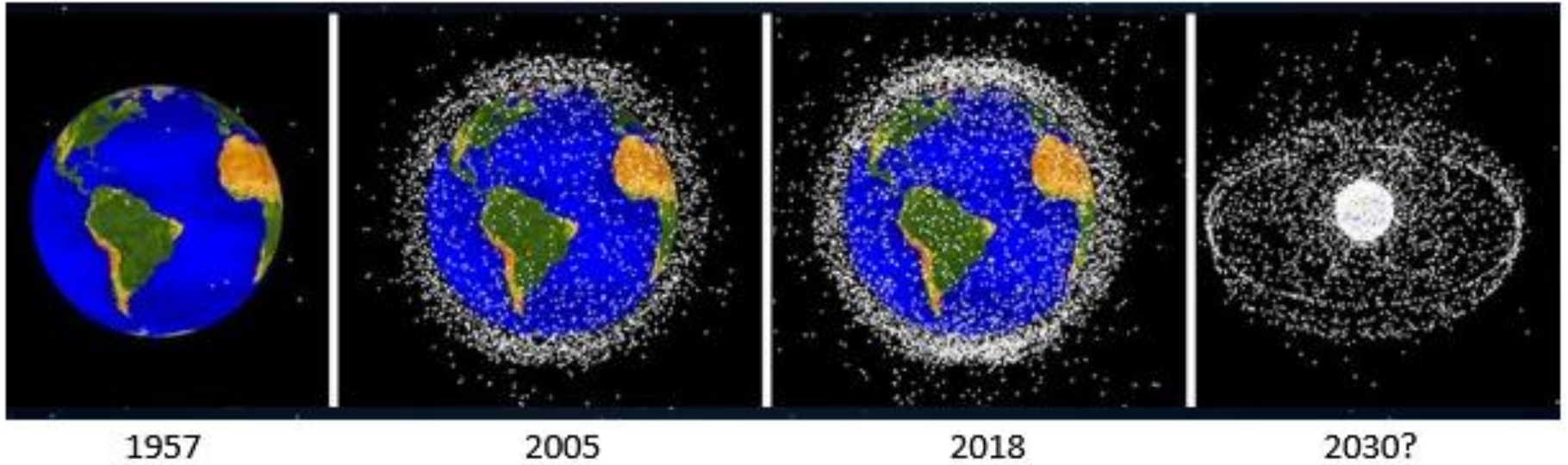
- Το διάστημα γύρω από τη Γη δεν είναι άδειο.
- Στην πραγματικότητα, περιέχει πολλά θραύσματα ή διαστημικά απόβλητα τα περισσότερα από τα οποία τα έχουμε συνηθίσει.
- Αν έχετε δει ένα αστέρι που πέφτει, έχετε δει μόνο ένα κομμάτι από τους περισσότερους από 20.000 τόνους φυσικών υλικών - σκόνη, μετεωρίτες, αστεροειδείς και κομήτες - που επιστρέφουν στη Γη κάθε χρόνο.
- Για τα διαστημικά σκάφη ή τους αστροναύτες σε τροχιά, ο κίνδυνος να πληγούν από ένα μετεωρίτη ή έναν μικρομετεωρίτη, όπως ονομάζουμε αυτά τα φυσικά αντικείμενα, είναι ελάχιστος.
- Ωστόσο, από την αρχή της διαστημικής εποχής, διαστημικά απόβλητα έχουν αρχίσει να συσσωρεύονται από μια άλλη πηγή – τον άνθρωπο.
- Με σχεδόν κάθε διαστημική αποστολή, σπασμένα διαστημικά σκάφη, κομμάτια παλαιών προωθητήρων, ακόμη και γάντι αστροναύτη έχουν μείνει στο διάστημα.
- Το περιβάλλον κοντά στη Γη είναι γεμάτο από αυτά τα συντρίμια (περίπου 2200 τόνοι).

Μικρομετεωρήτες και Διαστημικά απόβλητα

- Τα διαστημικά απόβλητα δημιουργούν έναν αυξανόμενο κίνδυνο για διαστημικά σκάφη και τους αστροναύτες σε τροχιά.
- Ένα διαστημικό σκάφος σε χαμηλή τροχιά είναι πλέον πιο πιθανό να χτυπήσει ένα διαστημικό απόβλητο από ότι ένα κομμάτι φυσικού υλικού.
- Το 1996, το διαστημικό σκάφος CERISE, έγινε το πρώτο πιστοποιημένο θύμα των διαστημικών σκουπιδιών, όταν μια κεραία του που χρησιμοποιεί την βαρύτητα για τον προσανατολισμό (gravity-gradient boom) αποκόπηκε κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης με ένα κομμάτι που είχε απομείνει από την εκτόξευση του πυραύλου Ariane



Διαστημικά απόβλητα

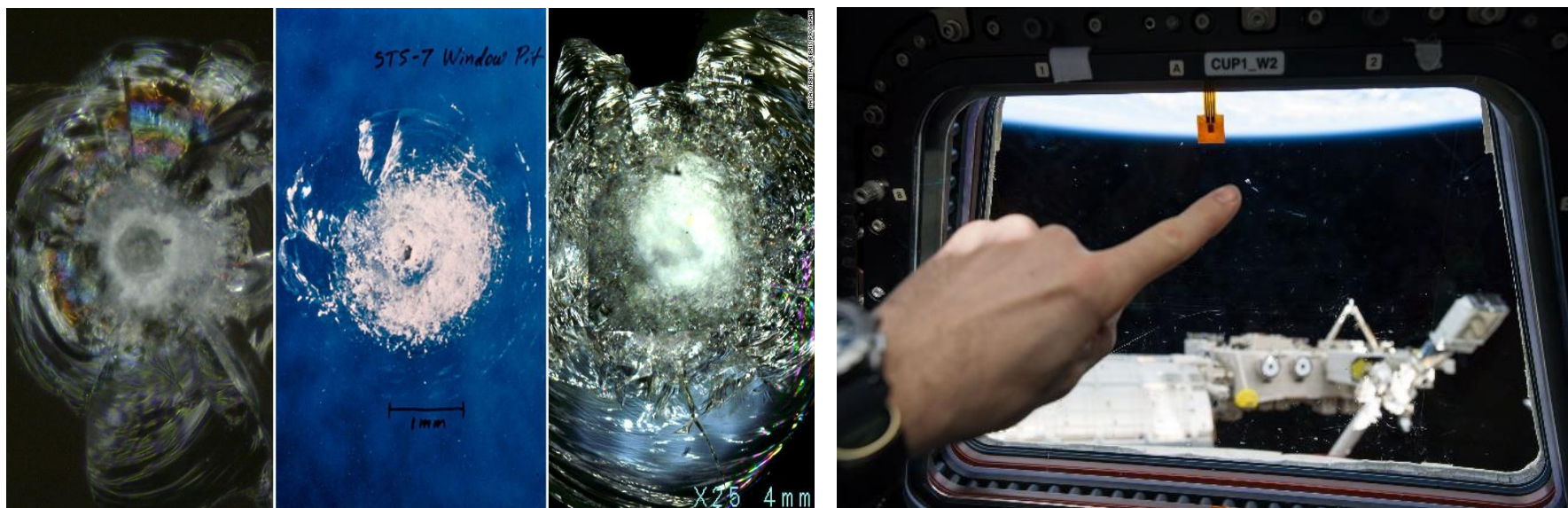


Η εξέλιξη του αριθμού δορυφόρων και διαστημικών
συντριμμίων/αποβλήτων

Space Debris – Διαστημικά Απόβλητα



Διαστημικά απόβλητα



Ραγίσματα σε τζάμια του Διαστημικού Λεωφορείου
και του Διεθνή Διαστημικού Σταθμού από
θραύσματα/μικρομετεωρήτες



Ακτινοβολία

- Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, μία από τις κύριες πηγές ηλεκτρομαγνητικής (ΗΜ) ακτινοβολίας είναι ο Ήλιος.
- Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ακτινοβολίας βρίσκεται στα ορατά και κοντά στα υπέρυθρα τμήματα του φάσματος ΗΜ.
- Παρ' ότι βλέπουμε το φως και νιώθουμε τη θερμότητα του Ήλιου κάθε μέρα, ένα μικρότερο αλλά σημαντικό μέρος της ΗΜ που προέρχεται από τον Ήλιο είναι σε άλλα μήκη κύματος ακτινοβολίας, όπως οι ακτίνες Χ και οι ακτίνες γ.
- Τα διαστημικά σκάφη και οι αστροναύτες είναι πολύ πάνω από την ατμόσφαιρα, έτσι δεν προστατεύονται από την ΗΜ του Ήλιου.
- Η επίδραση της σε ένα διαστημικό σκάφος εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.
- Σε πολλές περιπτώσεις, το ορατό φως που χτυπά τα ηλιακά πάνελ ενός διαστημικού σκάφους παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω των ηλιακών κυψελών (που ονομάζονται επίσης φωτοβολταϊκές κυψέλες).



Ακτινοβολία

- Πρόκειται για μια φτηνή, άφθονη και αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για ένα διαστημικό σκάφος
- Αυτή η ακτινοβολία μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αρκετά προβλήματα για τα διαστημικά σκάφη
 - Θέρμανση σε εκτεθειμένες επιφάνειες
 - Φθορά επιφανειών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων
 - Ηλιακή πίεση



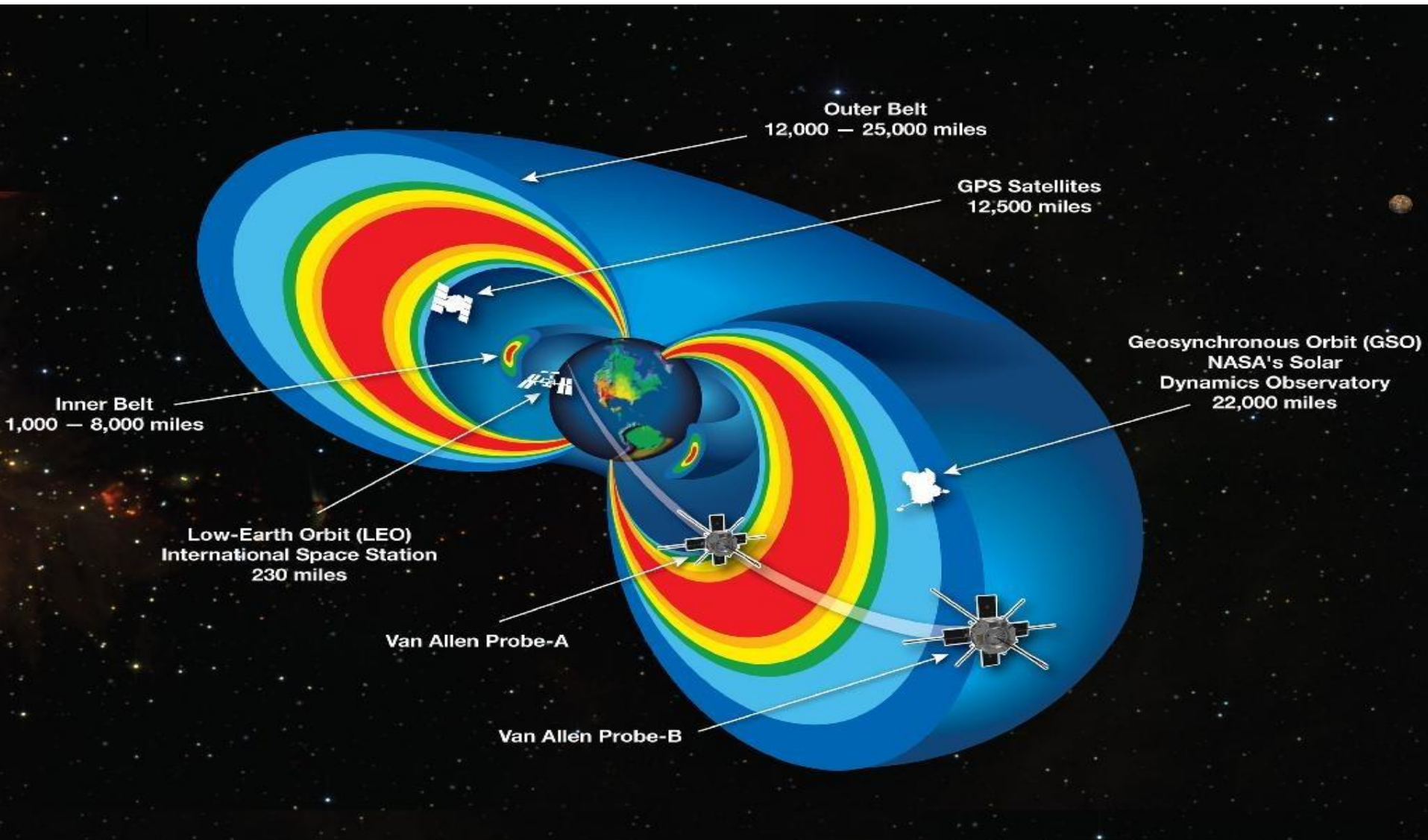
Φορτισμένα σωματίδια

- Ίσως η πιο επικίνδυνη πλευρά του διαστημικού περιβάλλοντος είναι η διάχυτη επίδραση των φορτισμένων σωματιδίων.
- Οι τρεις κύριες πηγές αυτών των σωματιδίων είναι
 - Ο ηλιακός άνεμος και οι ηλιακές καταιγίδες
 - Γαλαξιακές κοσμικές ακτίνες (GCRs)
 - Οι ζώνες ακτινοβολίας Van Allen

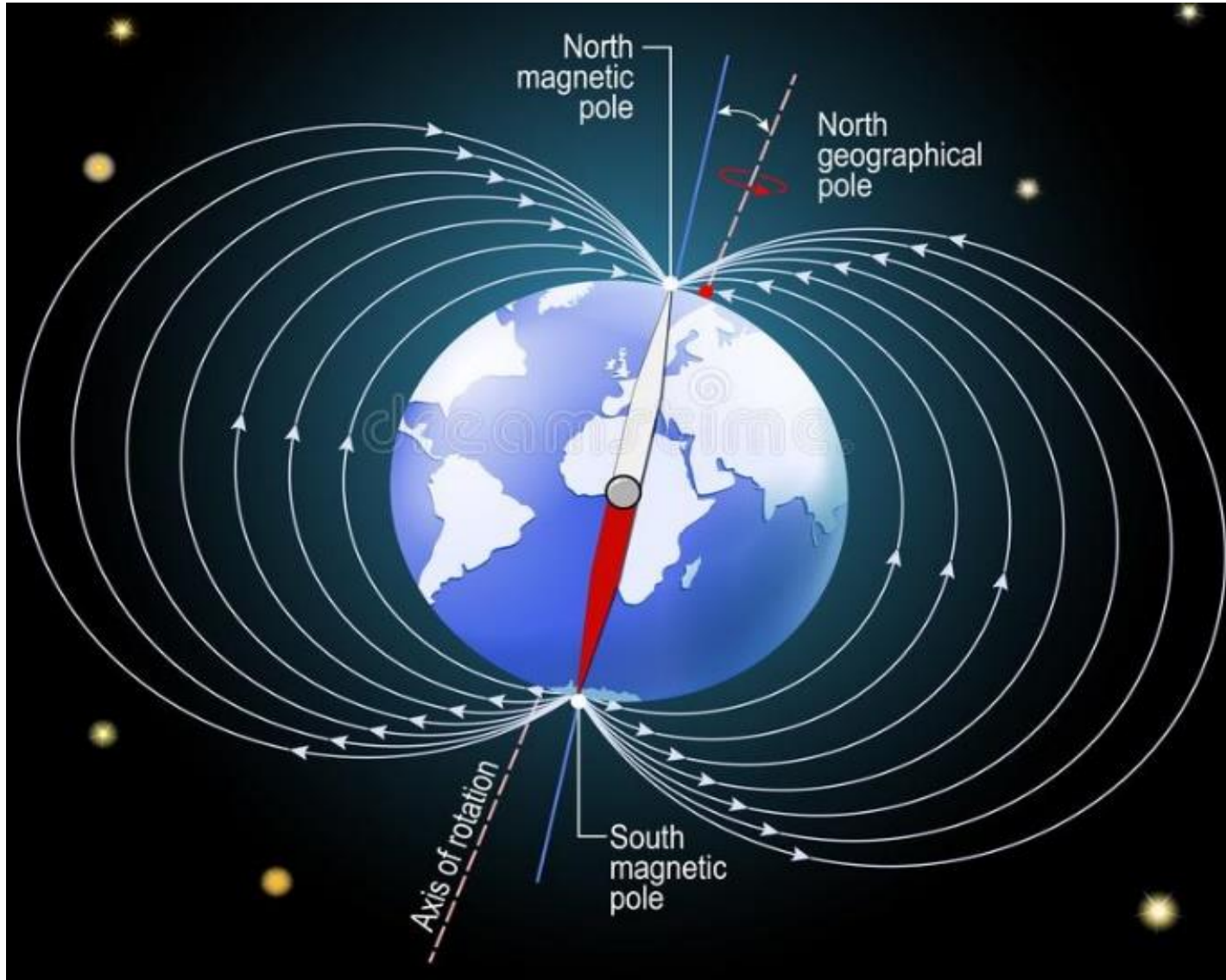
Ζώνες ακτινοβολίας Van Allen.

- Κατά ειρωνικό τρόπο, το ίδιο πράγμα που μας προστατεύει στη Γη από αυτά τα φορτισμένα σωματίδια δημιουργεί έναν τρίτο κίνδυνο, δυνητικά επιβλαβή για τα διαστημικά σκάφη και τους αστροναύτες σε τροχιά - τις ζώνες ακτινοβολίας Van Allen.
- Για να κατανοήσουμε τις ζώνες Van Allen, πρέπει να θυμόμαστε ότι η Γη έχει ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο ως αποτέλεσμα του υγρού πυρήνα σιδήρου.
- Θυμηθείτε ότι τα μαγνητικά πεδία επηρεάζουν την κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων.
- Αυτή η βασική αρχή μας επιτρέπει να "κατευθύνουμε" τις δέσμες ηλεκτρονίων με μαγνήτες μέσα στις τηλεοράσεις μας (τηλεοράσεις καθοδικού σωλήνα).
- Ομοίως, τα φορτισμένα σωματίδια του ηλιακού ανέμου και τα GCR σχηματίζουν δέσμες που εισέρχονται στο μαγνητικό πεδίο της Γης όπως η βροχή που «χτυπά» μια ομπρέλα.

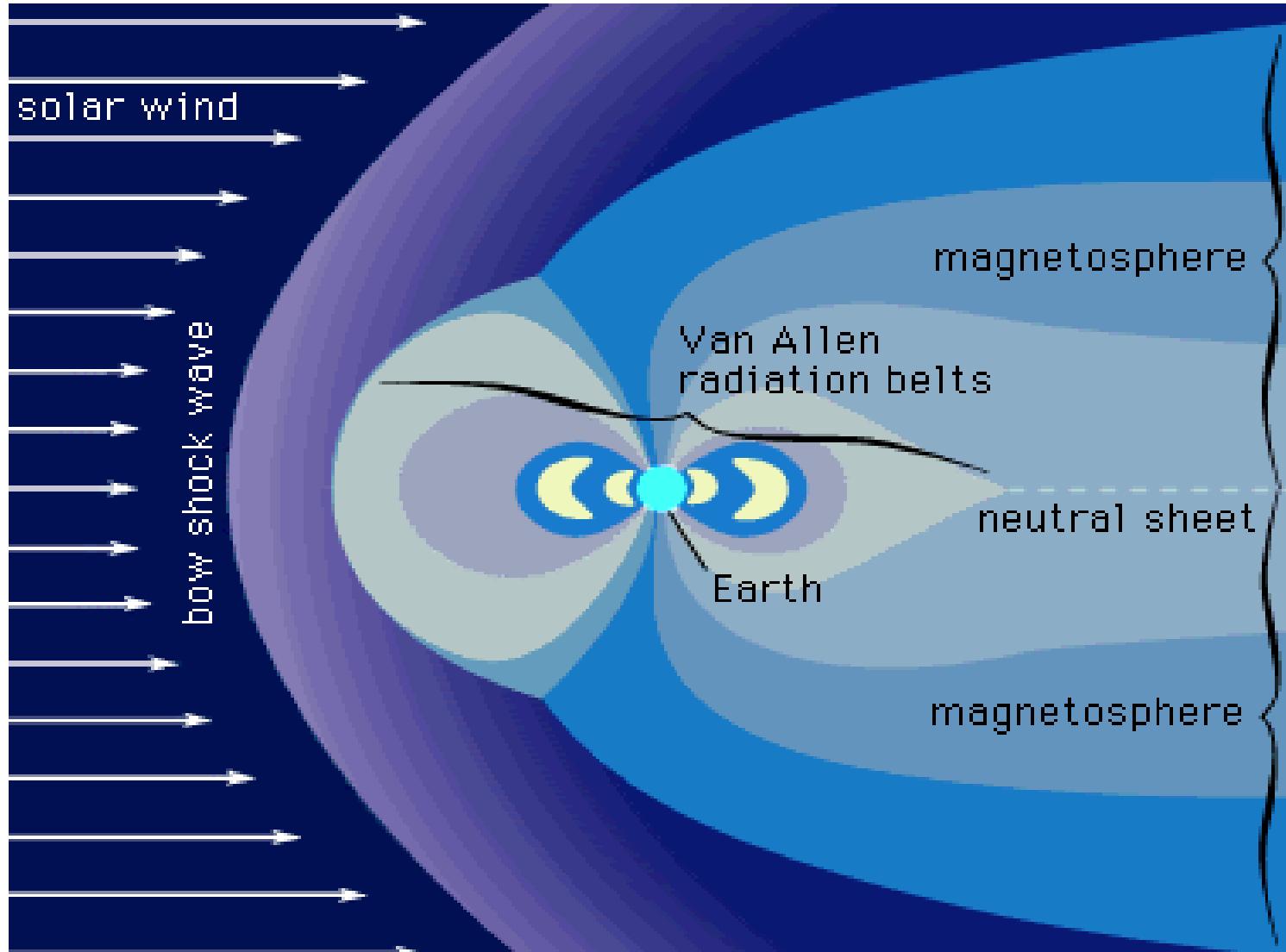
Van Allen Belts in 3D (NASA)



Το Μαγνητικό Πεδίο της Γης



Αλληλοεπίδραση του Ηλιακού Ανέμου και του Μαγνητικού πεδίου της Γης





Ζώνες Van Allen

- Καθώς ο ηλιακός άνεμος αλληλοεπιδρά με το μαγνητικό πεδίο της Γης, μερικά σωματίδια υψηλής ενέργειας παγιδεύονται και συγκεντρώνονται μεταξύ των γραμμών του πεδίου.
- Αυτές οι περιοχές συγκέντρωσης είναι οι ζώνες ακτινοβολίας Van Allen (από τον καθηγητή James Van Allen του Πανεπιστημίου της Αϊόβα).
- Ο καθηγητής Van Allen τις ανακάλυψε από δεδομένα που συγκέντρωσε ο Explorer 1, ο πρώτος δορυφόρος της Αμερικής, που ξεκίνησε το 1958. Παρόλο που τις αποκαλούμε "ζώνες ακτινοβολίας", το διάστημα δεν είναι πραγματικά ραδιενεργό.
- Οι επιστήμονες συχνά συγχέουν τα φορτισμένα σωματίδια με την ΗΜ ακτινοβολία και αποκαλούν και τα δύο ως ακτινοβολία επειδή τα αποτελέσματά τους είναι παρόμοια
- Συνειδητοποιήστε, ωστόσο, ότι στην πραγματικότητα ασχολούμαστε με φορτισμένα σωματίδια.



Φορτισμένα Σωματίδια και Διαστημόπλοια

- Είτε τα φορτισμένα σωματίδια προέρχονται απευθείας από τον ηλιακό άνεμο, είτε από τις ζώνες Van Allen ή από κάποια άλλη πλευρά του γαλαξία, μπορούν να βλάψουν τα διαστημικά σκάφη με τρεις τρόπου
 - Φόρτιση
 - επιφανειακή διάβρωση/ιονοβολή (Sputtering)
 - Μεμονωμένα φαινόμενα
- Η επίδραση των φορτισμένων σωματιδίων στο διαστημικό σκάφος είναι παρόμοια με την επίδραση που έχει σε εμάς ένα δάπεδο με μοκέτα όταν περπατάμε πάνω του φορώντας κάλτσες.
- Δημιουργούμε μια στατική φόρτιση που εκφορτίζεται όταν αγγίζουμε κάτι μεταλλικό.
- Η φόρτιση των διαστημικών σκαφών προκύπτει από την συσσώρευση φορτίων από διάφορα μέρη του σκάφους.
- Αφού δημιουργηθεί αυτή η φόρτιση, μπορεί να συμβεί ηλεκτρική εκκένωση με καταστροφικά αποτελέσματα - ζημιά στις επιφανειακές επιστρώσεις, φθορά των ηλιακών συλλεκτών, απώλεια ισχύος ή απενεργοποίηση και μόνιμη βλάβη των ηλεκτρονικών.



Πολικό Σέλας

- Μερικές φορές, τα φορτισμένα σωματίδια που έχουν παγιδευτεί στη μαγνητόσφαιρα αλληλοεπιδρούν με την ατμόσφαιρα της Γης σε ένα εκθαμβωτικό φαινόμενο που ονομάζεται Πολικό Σέλας
- Το φαινόμενο αυτό προκύπτει από τα φορτισμένα σωματίδια που κατευθύνονται προς τη Γη κατά μήκος των μαγνητικών γραμμών που συγκλίνουν στους πόλους.
- Καθώς τα σωματίδια αλληλοεπιδρούν με την ατμόσφαιρα, το αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει σε μία λάμπα νέον – φορτισμένα σωματίδια αλληλοεπιδρούν με το αέριο δημιουργώντας φως.
- Στη Γη βλέπουμε μια ουράνια κουρτίνα στον ουρανό.

Πολικό Σέλας





Μεμονωμένο φαινόμενο (ΜΦ)

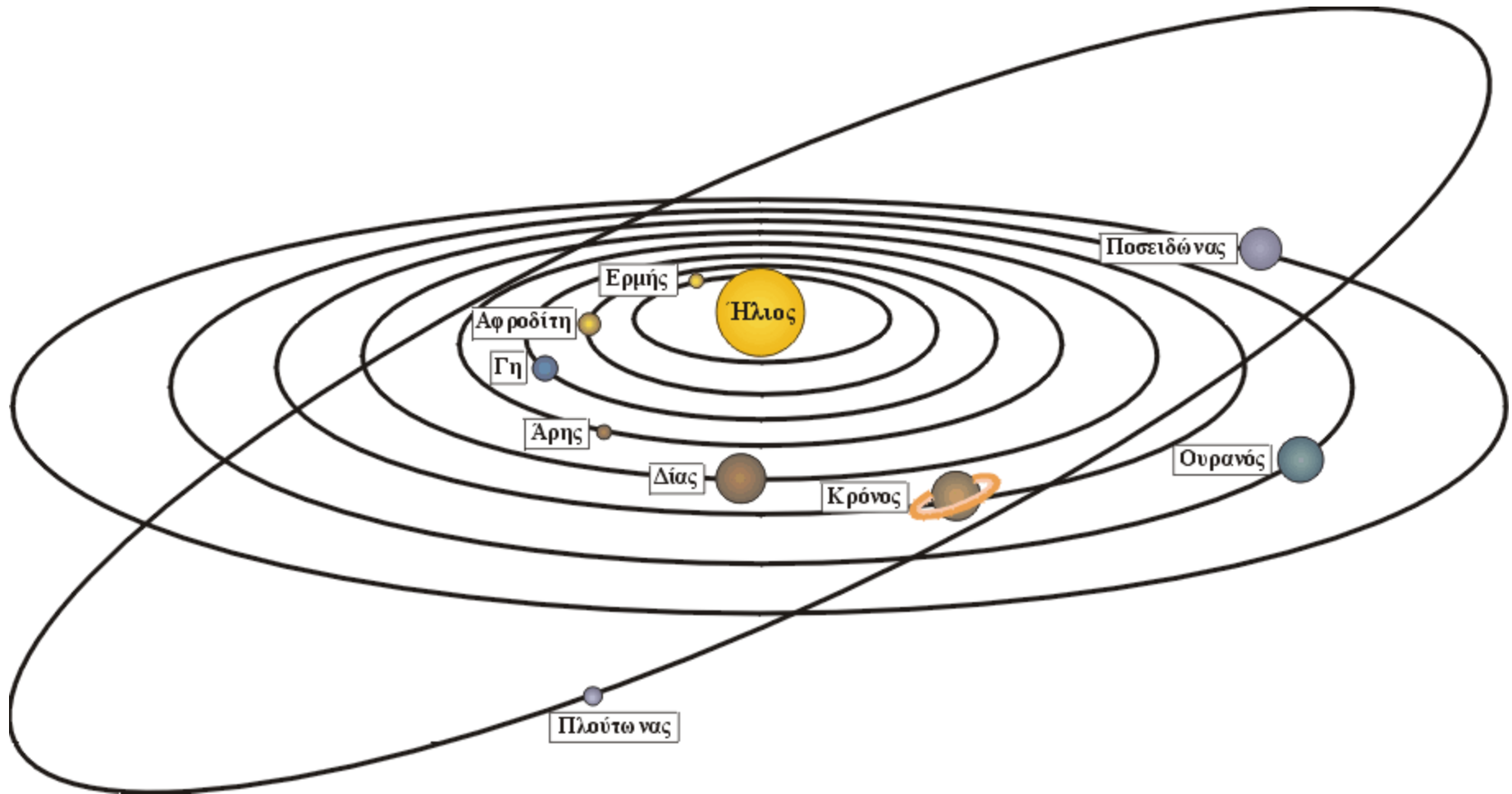
- Τέλος, ένα μόνο φορτισμένο σωματίδιο μπορεί να διεισδύσει βαθιά μέσα στο διαστημικό σκάφος και να διαταράξει τα ηλεκτρονικά. Κάθε διαταραχή είναι γνωστή ως μεμονωμένο φαινόμενο (ΜΦ).
- Οι ηλιακές εκλάμψεις και το GCR μπορούν να προκαλέσουν ΜΦ. Ένας τύπος ΜΦ είναι μεμονωμένης διαταραχής (ΜΔ) ή "bitflip".
- Αυτό συμβαίνει όταν η πρόσκρουση ενός σωματιδίου υψηλής ενέργειας αλλάζει ένα μέρος της μνήμης ενός υπολογιστή από το 1 στο 0 ή το αντίστροφο και είναι ικανό να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στις λειτουργίες ενός διαστημικού σκάφους.
- Για παράδειγμα, η αλλαγή ενός bit από 1 σε 0 μπορεί να προκαλέσει την απενεργοποίηση του διαστημικού σκάφους ή την λάθος κατεύθυνση της κεραίας.



Ερωτήσεις

- Τι είναι Διάστημα και σε πιο ύψος θεωρούμε ότι είμαστε σε τροχιά;
- Ποιοι είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες/κίνδυνοι που προέρχονται από το Διαστημικό περιβάλλον
- Πως επηρεάζει την σχεδίαση δορυφόρων το Διαστημικό περιβάλλον
- Τι είναι Ηλιακή έκλαμψη και πως επηρεάζει τον άνθρωπο; Επηρεάζει με κάποιο τρόπο τους δορυφόρους;
- Τι είναι απαέρωση και πως μεταφέρεται η θερμότητα στο διάστημα;
- Αφού δεν υπάρχει ατμόσφαιρα στο Διάστημα γιατί υπάρχει ο κίνδυνος διάβρωσης των δορυφόρων;
- Τι είναι τα διαστημικά απόβλητα και πως επηρεάζουν την χρήση των δορυφόρων;
- Πως μεταφέρεται η θερμότητα στο διάστημα;

Τροχιές Δορυφόρων – Κυκλική Κίνηση





Κεντρομόλος δύναμη (I)

- 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;
- 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.

Κεντρομόλος δύναμη (IV)

- Η κεντρομόλος επιτάχυνση έχει την ίδια κατεύθυνση με την κεντρομόλο δύναμη. Όπως είδαμε, η τιμή της κεντρομόλου επιτάχυνσης δίνεται από τη σχέση:

$$a_k = \frac{v^2}{R}$$

- όπου v είναι το μέτρο της ταχύτητας και R η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς. Έτσι η τιμή της κεντρομόλου δύναμης δίνεται από τη σχέση:

$$F = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

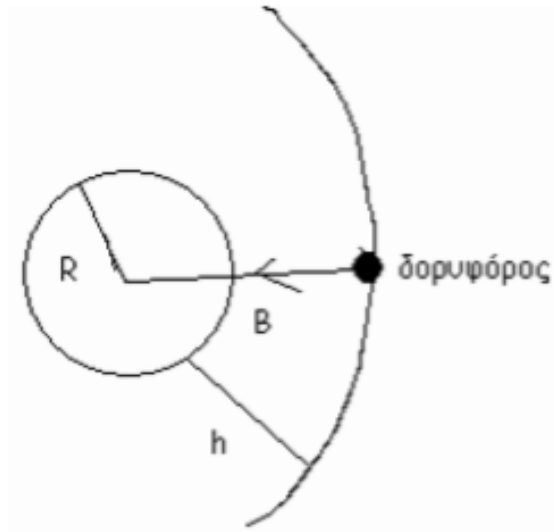


Άσκηση

- Με ποιά ταχύτητα πρέπει να κινείται κάποιος δορυφόρος έτσι ώστε να διαγράφει κυκλική τροχιά από μικρό ύψος h από την επιφάνεια της ΓΗΣ;



Λύση



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

$$F_{\text{κεν}} = B = mg = \frac{m U^2}{R+h} \Rightarrow U = \sqrt{g (R + h)}$$

Για μικρά ύψη σε σχέση με την ακτίνα της Γης $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Έστω $h = 100 \text{ miles} = 1/40 R_{\text{γης}}$

$$\Rightarrow U = \sqrt{(9.8) \text{ m/s}^2 (6.4 \times 10^6 \text{ m} + \underbrace{1.6 \times 10^5 \text{ m}}_h)} = 8 \times 10^3 \text{ m/s} = 8 \text{ Km/s}$$



Άσκηση 1 (Εργασία)

Δορυφόρος μάζας m εκτελεί κυκλική κίνηση σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης. Η ακτίνα και η μάζα της Γης είναι R_{Γ} και M αντίστοιχα.

- α) Να υπολογίσετε τη σχέση που δίνει την γραμμική ταχύτητα του δορυφόρου.
- β) Να υπολογίσετε τη σχέση που δίνει την κινητική ενέργεια του δορυφόρου.
- γ) Να υπολογίσετε τη σχέση που δίνει την περίοδο περιστροφής του δορυφόρου.

Η ελκτική δύναμη που ασκείται μεταξύ δυο μαζών M και m που τα κέντρα τους απέχουν d δίνεται από τη σχέση $F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$, όπου G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης.



Άσκηση 2 (Εργασία)

- 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 $\varphi=60$ μοίρες.

Η αρχή διατήρησης της ορμής (II)

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:

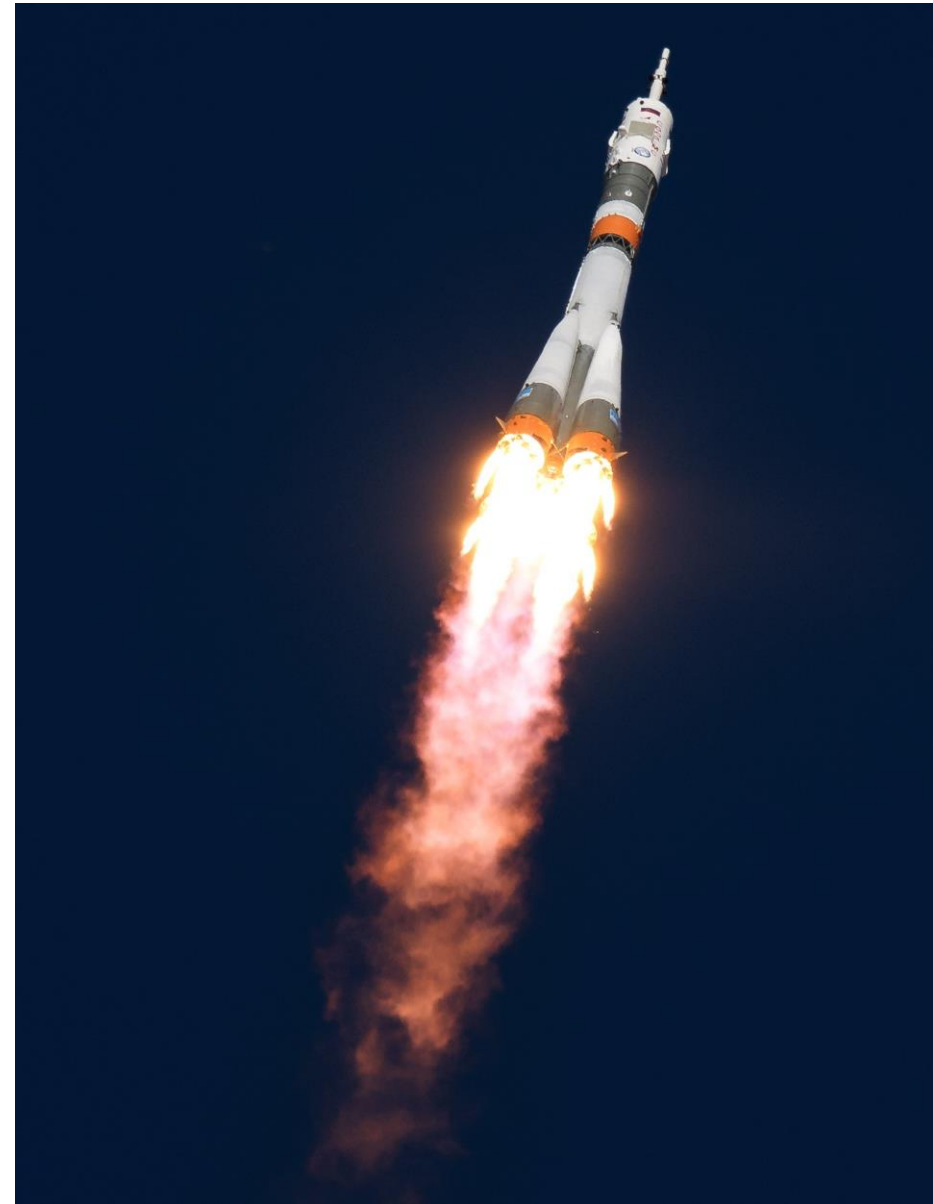
$$\vec{P}_{1(\text{τελ})} + \vec{P}_{2(\text{τελ})} = \vec{P}_{1(\text{αρχ})} + \vec{P}_{2(\text{αρχ})} \quad \text{ή} \quad \vec{P}_{\text{ολ}(\text{τελ})} = \vec{P}_{\text{ολ}(\text{αρχ})}$$

Δηλαδή η ορμή του συστήματος είναι σταθερή.

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 σώματα όπως τα πρωτόνια ή τα νετρόνια.

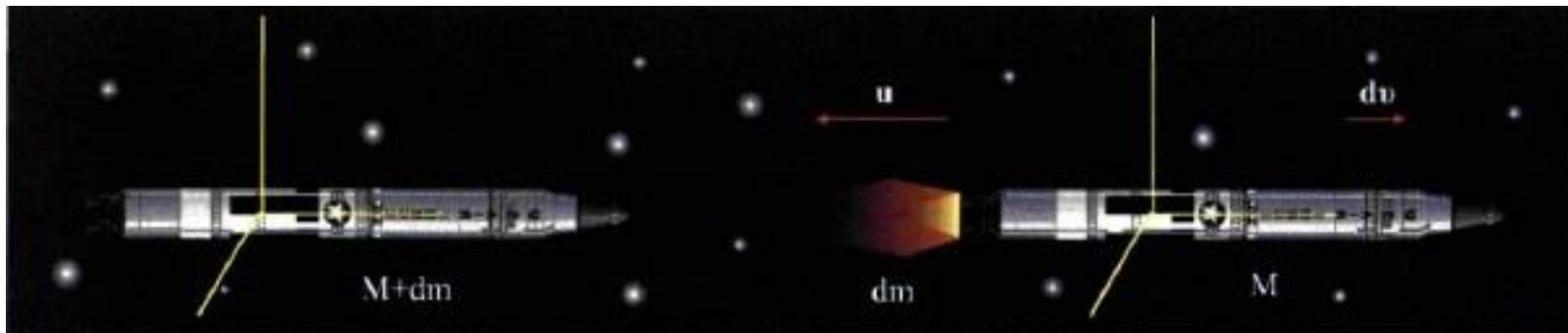
Προώθηση Πυραύλου (I)

- Στην περίπτωση των πυραύλων και των αεριωθούμενων αεροπλάνων τα καυσαέρια ωθούνται προς τα πίσω με δύναμη \mathbf{F} που ασκείται σ' αυτά από τα τοιχώματα του χώρου καύσης.
- Σύμφωνα με την δράσης αντίδρασης και τα καυσαέρια ωθούν το πύραυλο ή το αεροπλάνο προς τα εμπρός με προωστική δύναμη \mathbf{F}' αντίθετη της \mathbf{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.



Πρώθηση Πυράυλου (II)

- 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 du προς τα μπροστά.



Πρώθηση Πυραύλου (III)

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

$$P_{\text{πρην}} = P_{\text{μετά}} \text{ άρα } 0 = -dmu + Mdu$$

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

$$Mdu = dm u$$

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

και

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

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

και τελικά

$$\frac{dm}{dt}$$

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



Άσκηση 3

Ένας πύραυλος μάζας $M = 4 \cdot 10^4 \text{ kg}$, κινείται ευθύγραμμα, σε περιοχή ασήμαντης βαρύτητας, με σταθερή ταχύτητα μέτρου $v_0 = 200 \text{ m/s}$. 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 $v_1 = 400 \text{ m/s}$, στην ίδια κατεύθυνση με την αρχική ταχύτητα v_0 . Να προσδιορίσετε:

Δ₁. Την ταχύτητα v_2 του δεύτερου κομματιού.

Δ₂. Τη μεταβολή ορμής ΔP_1 και ΔP_2 του κάθε κομματιού εξαιτίας της έκρηξης. Τι παρατηρείτε;

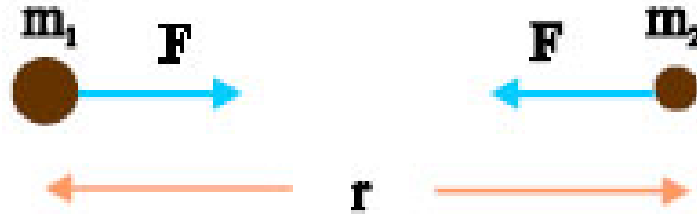
Δ₃. Την ενέργεια που ελευθερώθηκε λόγω της έκρηξης.

Δ₄. Αν υποθέσετε ότι η έκρηξη, δηλαδή η διάσπαση του πυραύλου στα δύο κομμάτια του διαρκεί χρονικά $\Delta t = 0,2 \text{ s}$, να προσδιορίσετε τη μέση δύναμη που δέχτηκε κάθε ένα από τα δύο κομμάτια στα οποία χωρίστηκε ο πύραυλος κατά τη διάρκεια της κρούσης.

ΤΟ ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

- 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

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



- 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, είναι **διατηρητική και κεντρική**.
- 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.
- Φυσική Β Λυκείου Κεφάλαιο 5-12
Link: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B101/541/4996,14685/>



ΤΟ ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

- 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 τής 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.**

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

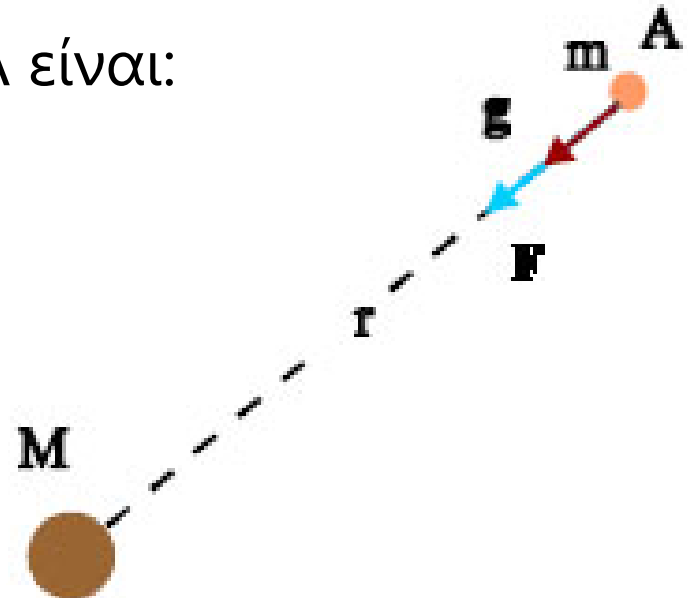
$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

- Η ένταση του πεδίου στο σημείο A είναι:

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

- Αντικαθιστώντας:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$



Δυναμικό του βαρυτικού πεδίου

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

$$V_A = -G \frac{M}{r}$$

- 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:

$$U = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

Σύστημα Γη - Σελήνη





ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ

- 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:

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ

- 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 $K_2=0$

$$K_1 + U_1 = 0 + 0 \quad \text{οπότε} \quad \frac{1}{2} m v_\delta^2 + \left(-G \frac{M_\Gamma m}{R_\Gamma} \right) = 0$$

- Λύνοντας ως προς v_δ βρίσκουμε:

$$v_\delta = \sqrt{\frac{2GM_\Gamma}{R_\Gamma}} = 11,2 \text{ km/s} = 40\,320 \text{ km/h}$$

- Την ταχύτητα v_δ την ονομάζουμε **ταχύτητα διαφυγής** από την επιφάνεια της Γης.



ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ - II

- 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:

$$v_{\delta} = \sqrt{\frac{2GM_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + h}}$$



ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ - III

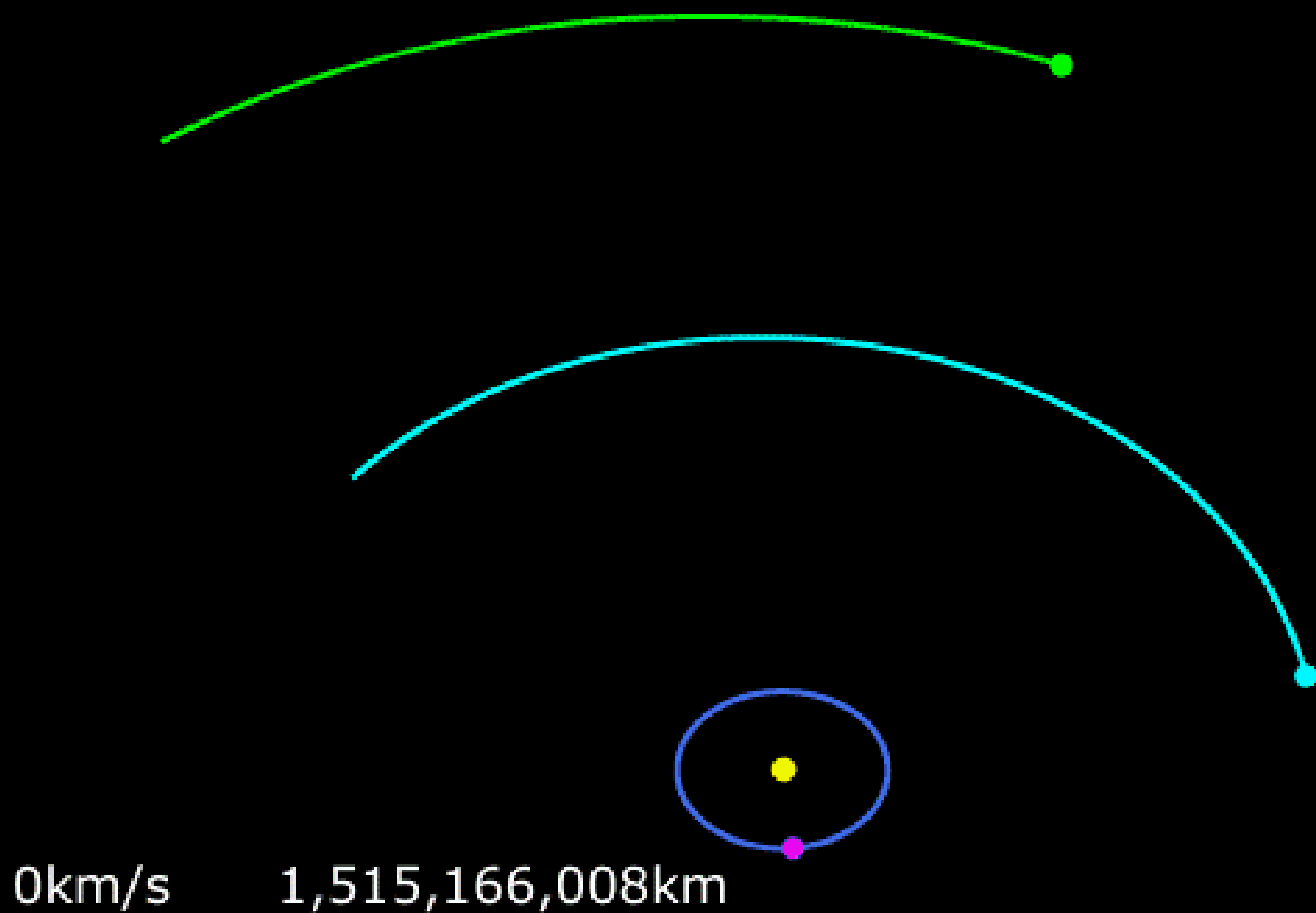
- Προς το παρόν είναι αδύνατο να προσδώσουμε σε ένα σώμα αρχική κατακόρυφη ταχύτητα ίση με **11,2 Km/s**.
- Μπορούμε όμως με έναν πύραυλο να προσδώσουμε στο σώμα σταθερή επιτάχυνση **α** λίγο μεγαλύτερη από την επιτάχυνση **g** της βαρύτητας.
- Έτσι, η κατακόρυφη ταχύτητα του σώματος συνεχώς αυξάνεται, 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

Μανούβρες με την Βοήθεια Βαρυτικών Πεδίων

- <https://www.youtube.com/watch?v=0iAGrdITiE>

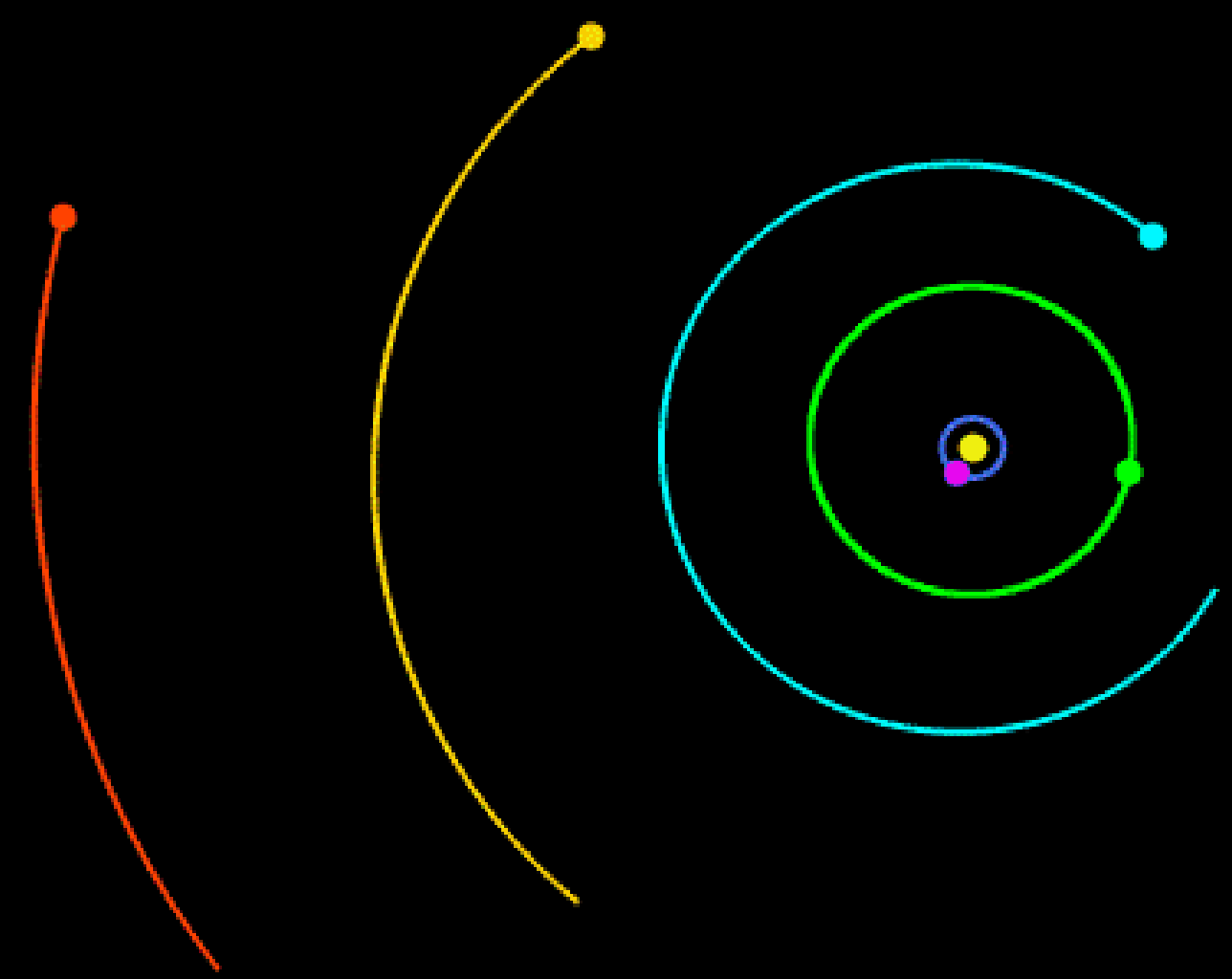
1977-09-05

Voyager 1



1977-08-20

Voyager 2



0.0km/s

4,487,373,409km

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ – Άσκηση 4

- Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία βρείτε την ταχύτητα διαφυγής από την επιφάνεια άλλων ουράνιων σωμάτων: Σελήνη, Άρη, Δία και για τον Ήλιο
- Τι επιτάχυνση (g) αισθάνονται οι αστροναύτες στην Σελήνη και στον Άρη και γιατί? Μπορούν να περπατάνε όπως στην Γή;

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ – Άσκηση 5

Ένας πύραυλος εκτοξεύεται προς τα πάνω με ταχύτητα $v = \sqrt{g_0 R_E}$

κοντά στην επιφάνεια της γης. Ο πύραυλος θα διαφύγει από το βαρυτικό πεδίο της γης; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ – Άσκηση 6

1. Από το σημείο A του πεδίου βαρύτητας της Γης, που βρίσκεται σε ύψος $h=R_T$ από την επιφάνεια της Γης (R_T η ακτίνα της Γης), βάλλεται προς το Διάστημα ένα σώμα με ταχύτητα $u_0=16 \times 10^3$ 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 $R_T=6400$ km και η ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της $g_0=10$ m/s².
2. 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.

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΕΚΤΟΞΕΥΤΕΣ

SOYUZ FG

Height 49.5 m
Mass 305,000 kg
Payload 7,100 kg
Stages 2



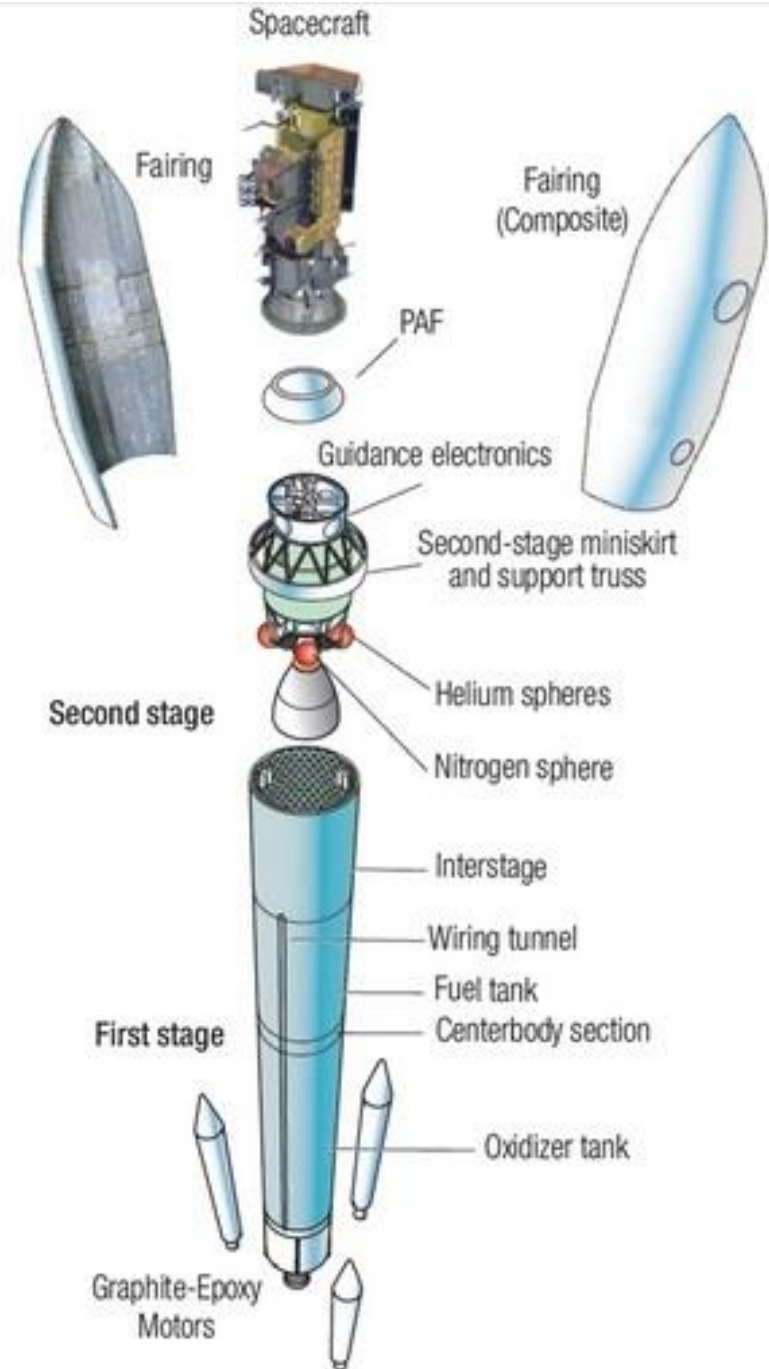
ARIANE 5

Height 46-52 m
Mass 777,000 kg
Payload 21,000 kg
Stages 2

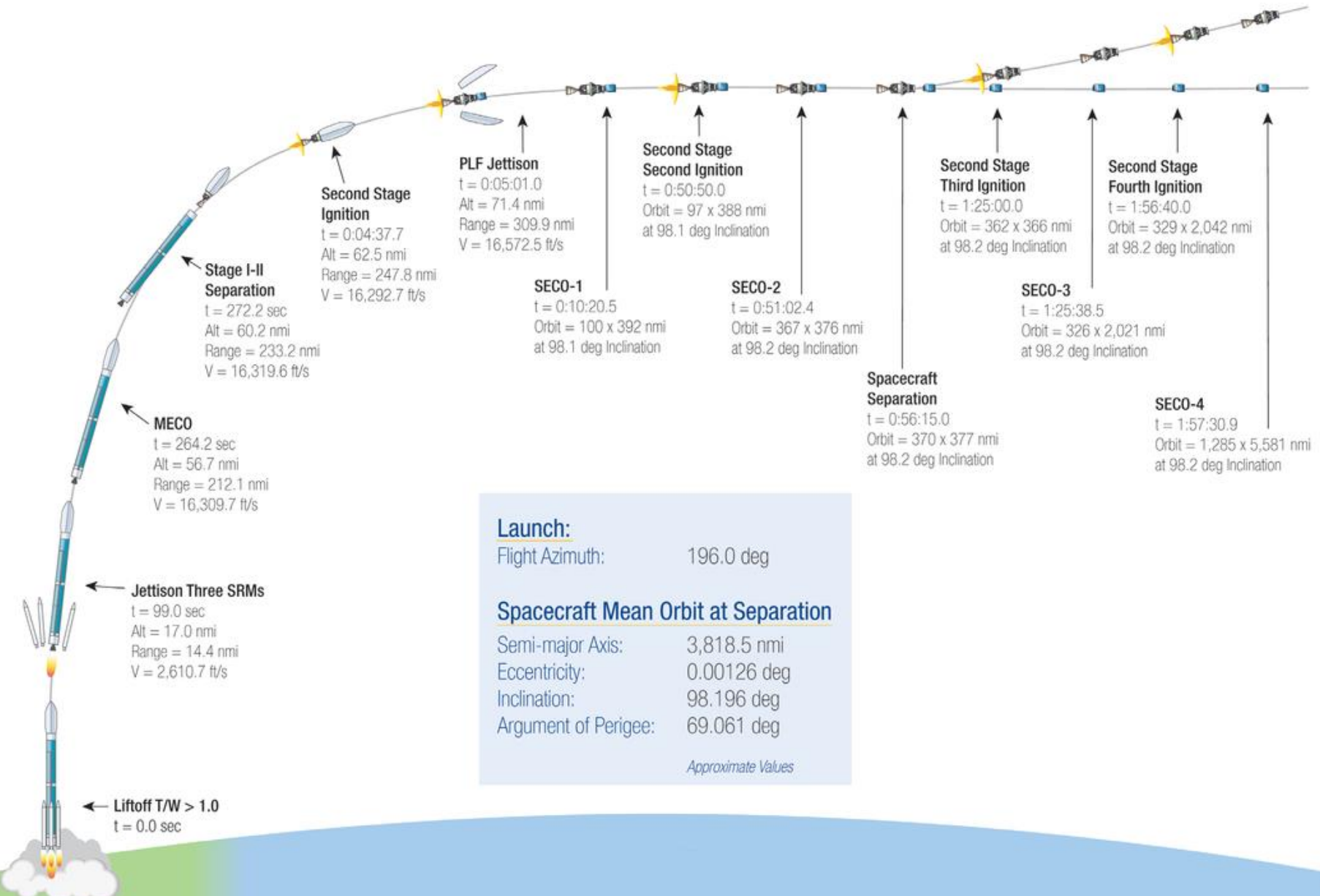




Launch Vehicle: Delta II 7320



Burn Duration	Coast Duration	Burn Duration	Coast Duration	Coast Duration	Burn Duration	Coast Duration	Burn Duration
0:5:42.9	0:40:29.5	0:00:12.4	0:05:12.6	0:28:45.0	0:00:38.5	0:31:01.5	0:00:50.9



Second Stage Ignition
 t = 0:04:37.7
 Alt = 62.5 nmi
 Range = 247.8 nmi
 V = 16,292.7 ft/s

Stage I-II Separation
 t = 272.2 sec
 Alt = 60.2 nmi
 Range = 233.2 nmi
 V = 16,319.6 ft/s

MECO
 t = 264.2 sec
 Alt = 56.7 nmi
 Range = 212.1 nmi
 V = 16,309.7 ft/s

Jettison Three SRMs
 t = 99.0 sec
 Alt = 17.0 nmi
 Range = 14.4 nmi
 V = 2,610.7 ft/s

Liftoff T/W > 1.0
 t = 0.0 sec

PLF Jettison
 t = 0:05:01.0
 Alt = 71.4 nmi
 Range = 309.9 nmi
 V = 16,572.5 ft/s

SECO-1
 t = 0:10:20.5
 Orbit = 100 x 392 nmi
 at 98.1 deg Inclination

Second Stage Second Ignition
 t = 0:50:50.0
 Orbit = 97 x 388 nmi
 at 98.1 deg Inclination

SECO-2
 t = 0:51:02.4
 Orbit = 367 x 376 nmi
 at 98.2 deg Inclination

Second Stage Third Ignition
 t = 1:25:00.0
 Orbit = 362 x 366 nmi
 at 98.2 deg Inclination

SECO-3
 t = 1:25:38.5
 Orbit = 326 x 2,021 nmi
 at 98.2 deg Inclination

Second Stage Fourth Ignition
 t = 1:56:40.0
 Orbit = 329 x 2,042 nmi
 at 98.2 deg Inclination

Spacecraft Separation
 t = 0:56:15.0
 Orbit = 370 x 377 nmi
 at 98.2 deg Inclination

SECO-4
 t = 1:57:30.9
 Orbit = 1,285 x 5,581 nmi
 at 98.2 deg Inclination

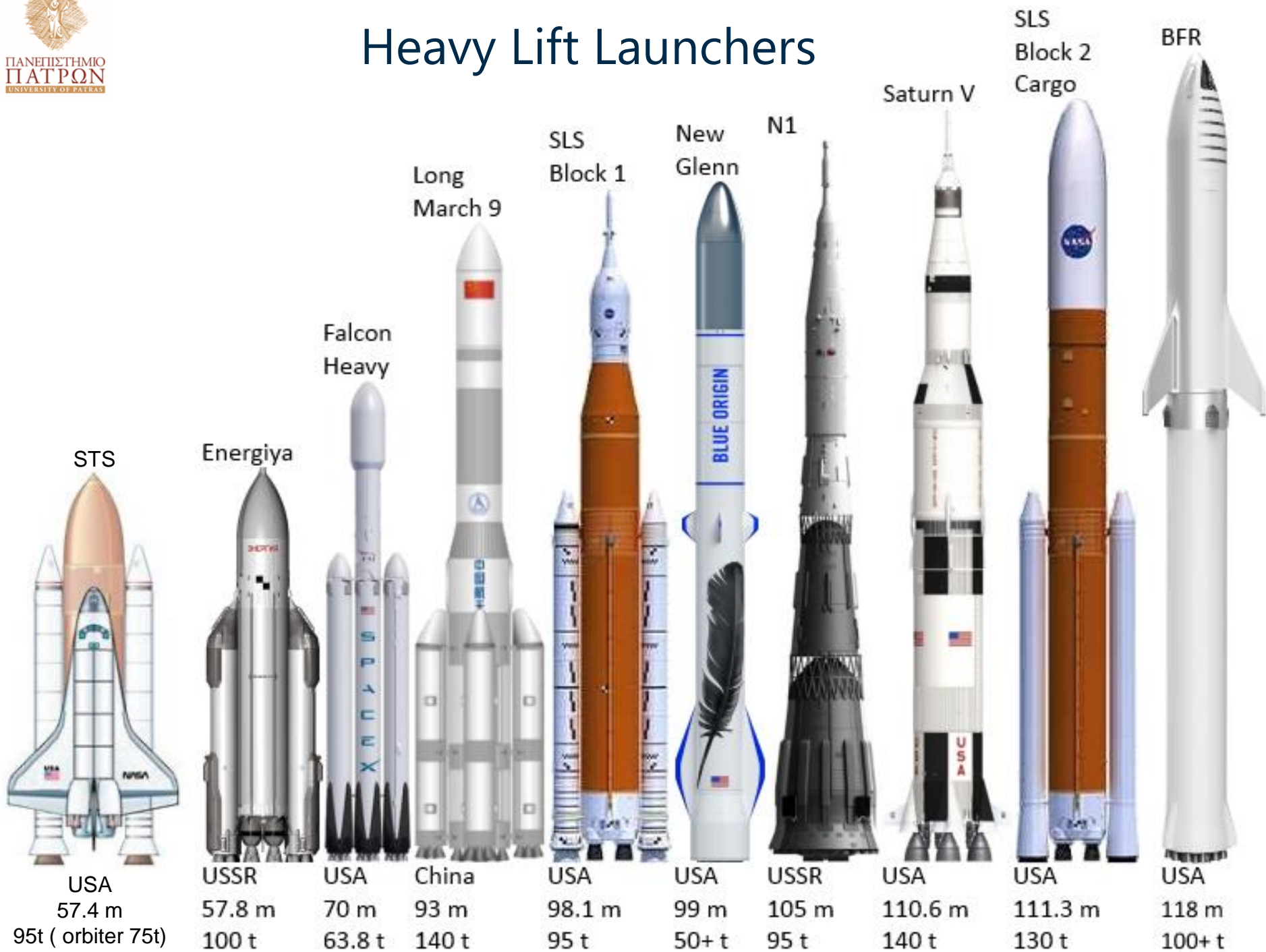
Launch:
 Flight Azimuth: 196.0 deg

Spacecraft Mean Orbit at Separation

Semi-major Axis:	3,818.5 nmi
Eccentricity:	0.00126 deg
Inclination:	98.196 deg
Argument of Perigee:	69.061 deg

Approximate Values

Heavy Lift Launchers

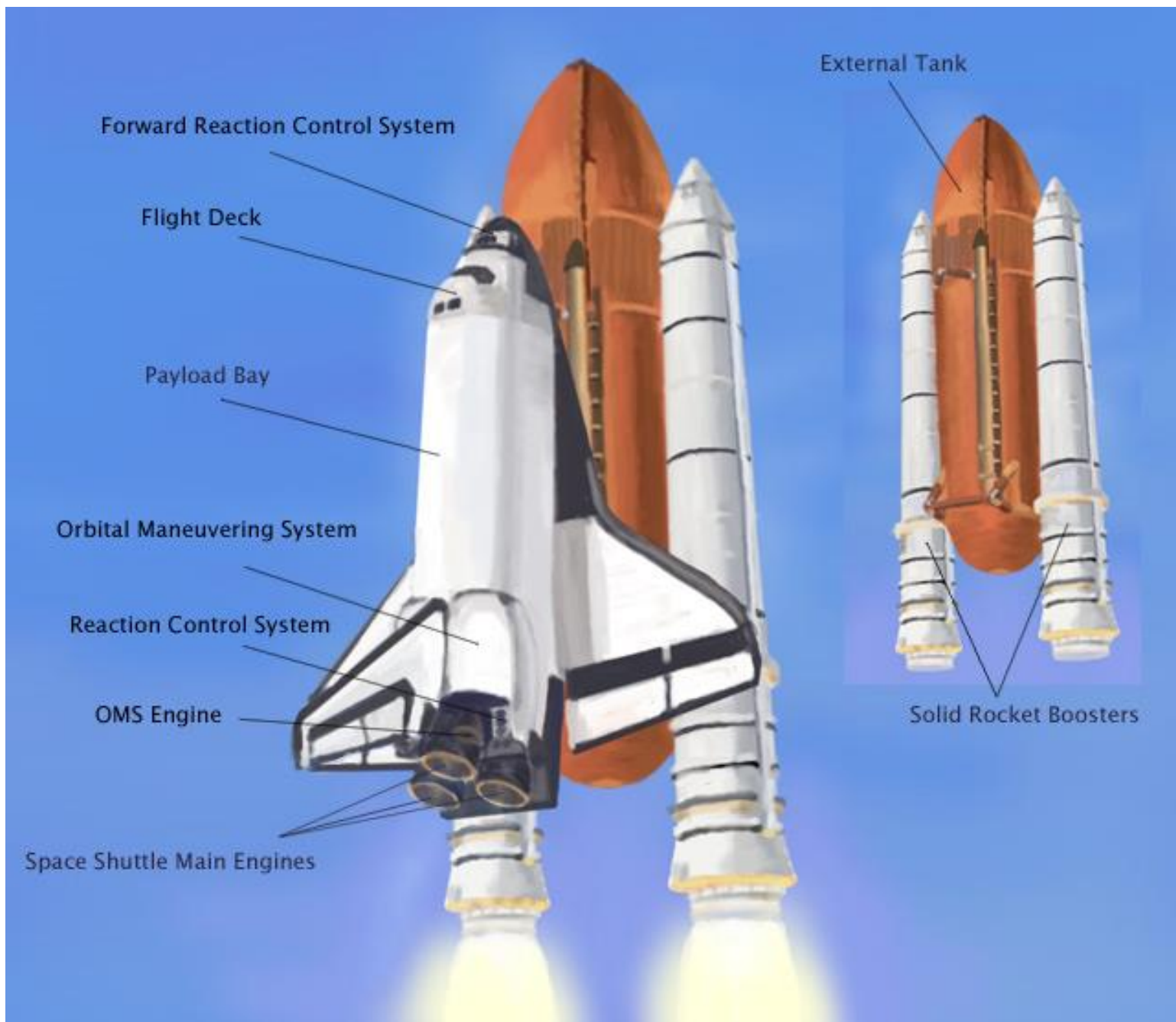




ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟ

Space Shuttle Transportation System





Ariane 5 (ΕΥΡΩΠΗ)



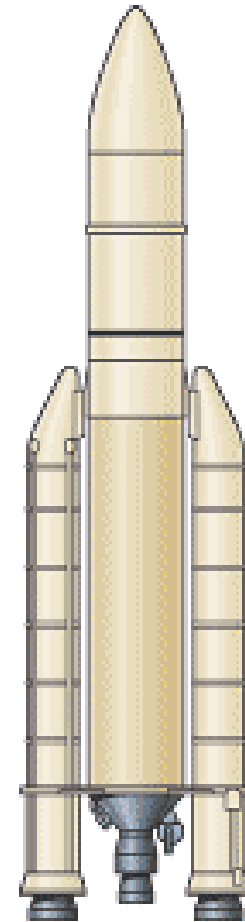
Proton

Russia
180 feet
(55 meters)



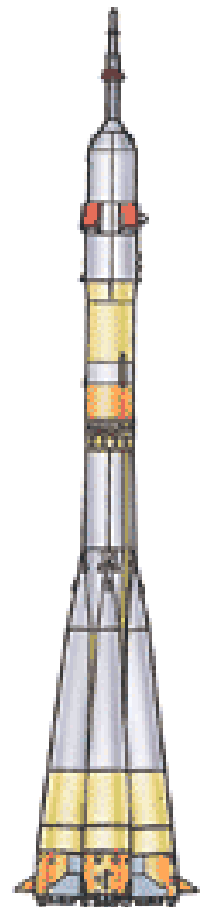
Ariane 5

European
Space Agency
167 feet
(51 meters)



A Class

(Soyuz-U)
Russia
165 feet
(50 meters)





Soyuz (ΡΩΣΙΑ)



Other Launch Vehicles (INDIA, KINA)





Saturn 5 (ΚΡΟΝΟΣ 5)

