



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

**Space Debris**

**14.12.22**

**Καθ. Β. Λάππας**

**Email: [vlappas@upatras.gr](mailto:vlappas@upatras.gr)**



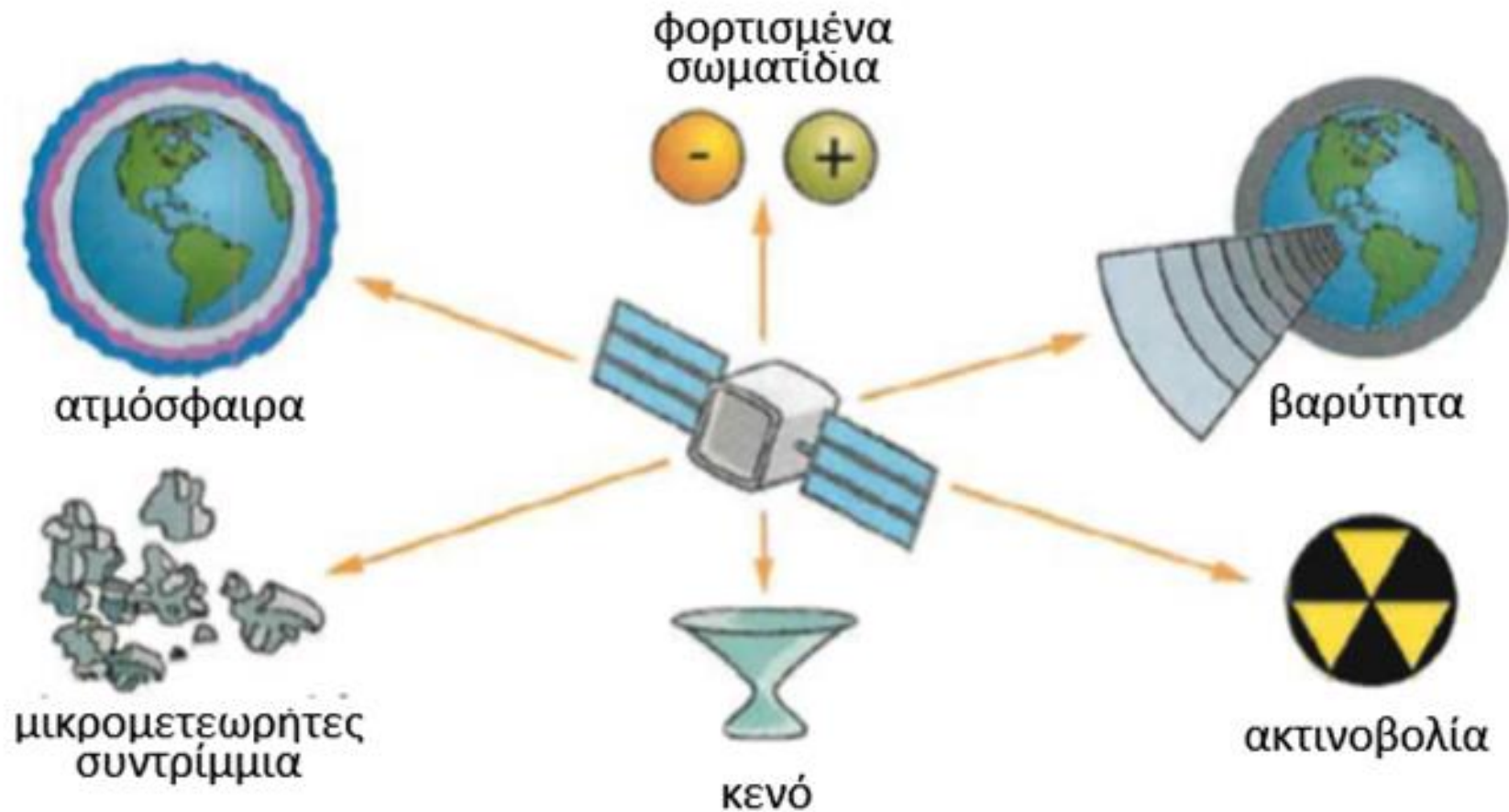
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —



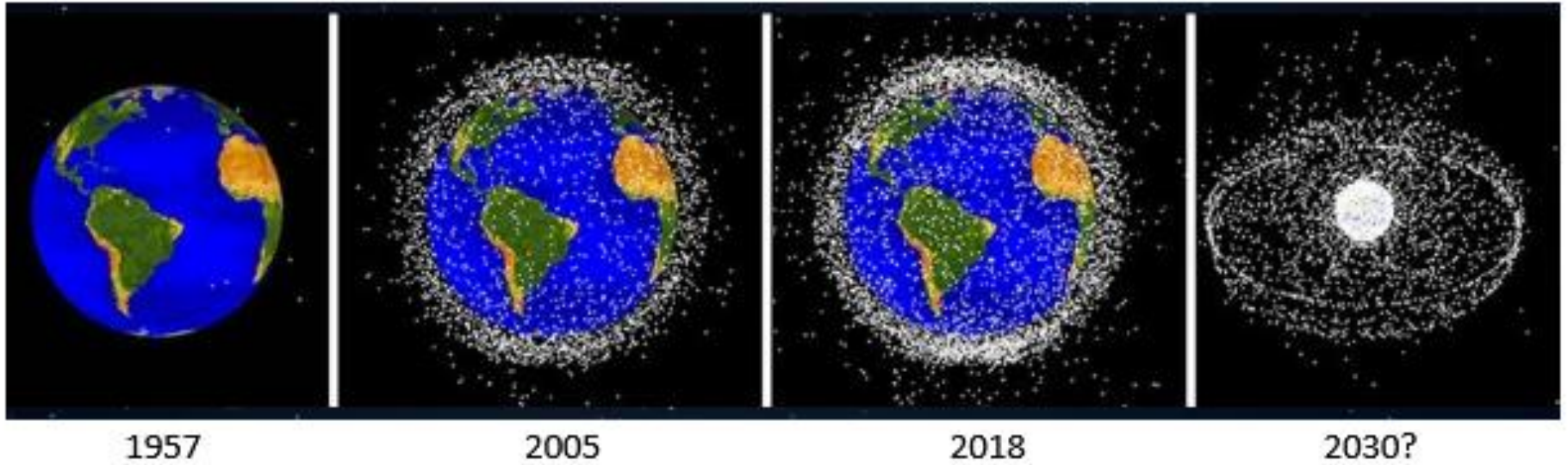
# Διαστημικό Περιβάλλον



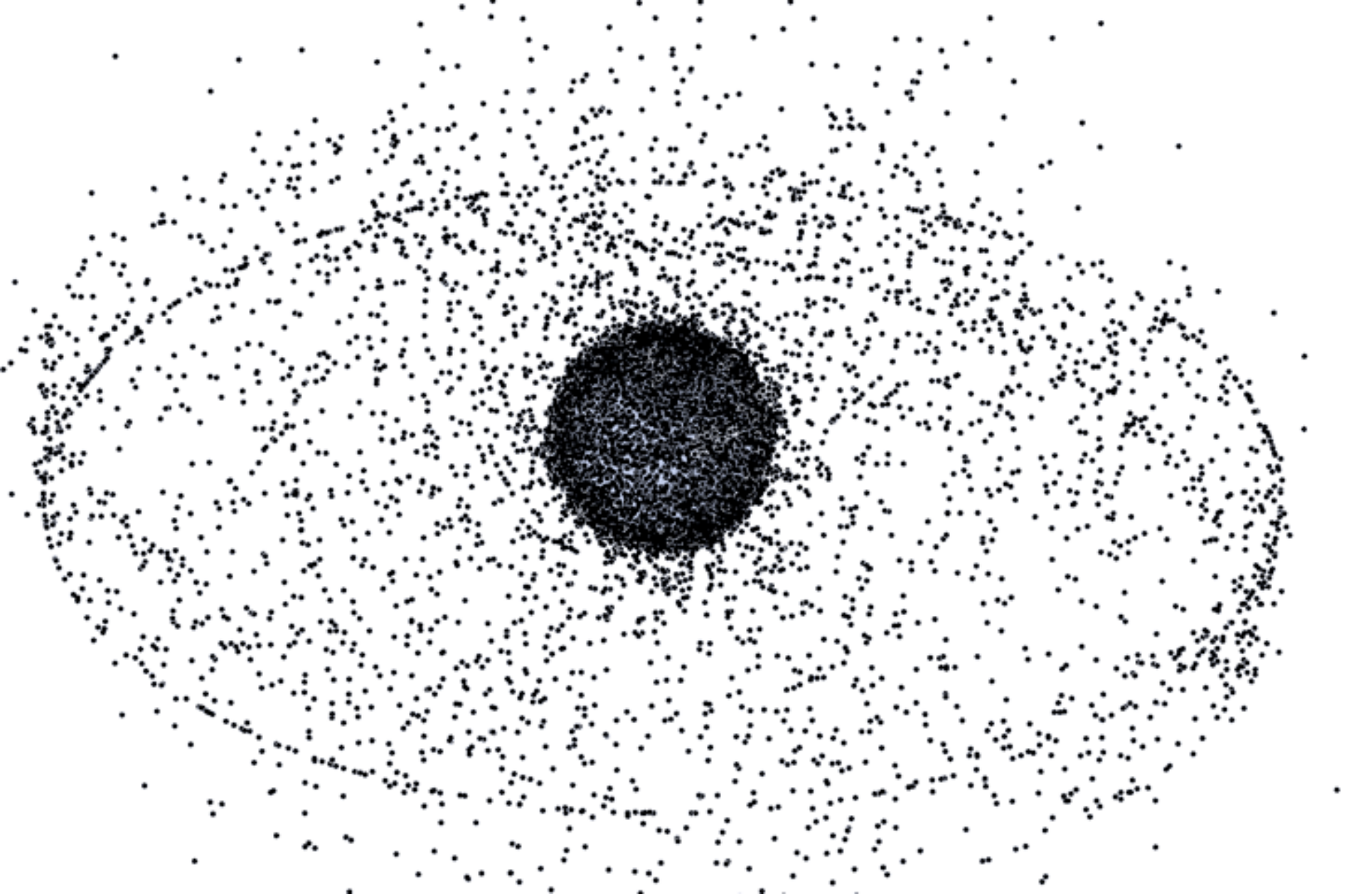
Παράγοντες του Διαστημικού Περιβάλλοντος που επηρεάζουν την λειτουργία δορυφόρων



# Διαστημικά απόβλητα



Η εξέλιξη του αριθμού δορυφόρων και διαστημικών  
συντριμμίων/αποβλήτων





# Διαστημικά απόβλητα/συντρίμμια

- Δορυφόροι που έχουν πάψει να λειτουργούν
- Ανώτερα στάδια διαστημικών φορέων μένουν σε τροχιά για δεκαετίες
  - Εκρηγνύονται οι δεξαμενές τους από υπερθέρμανση
- 5,500 τόνοι αποβλήτων σε χαμηλή γήινη τροχιά
- Απειλή για:
  - Διαστημικά μέσα
  - Αστροναύτες/Διαστημικούς σταθμούς
  - Περιβάλλον
- **Διάστημα: Most Expensive Real-Estate**
  - Τηλεπαρατήρηση, τηλεπικοινωνίες, πλοήγηση

Image courtesy of ESA/ESOC



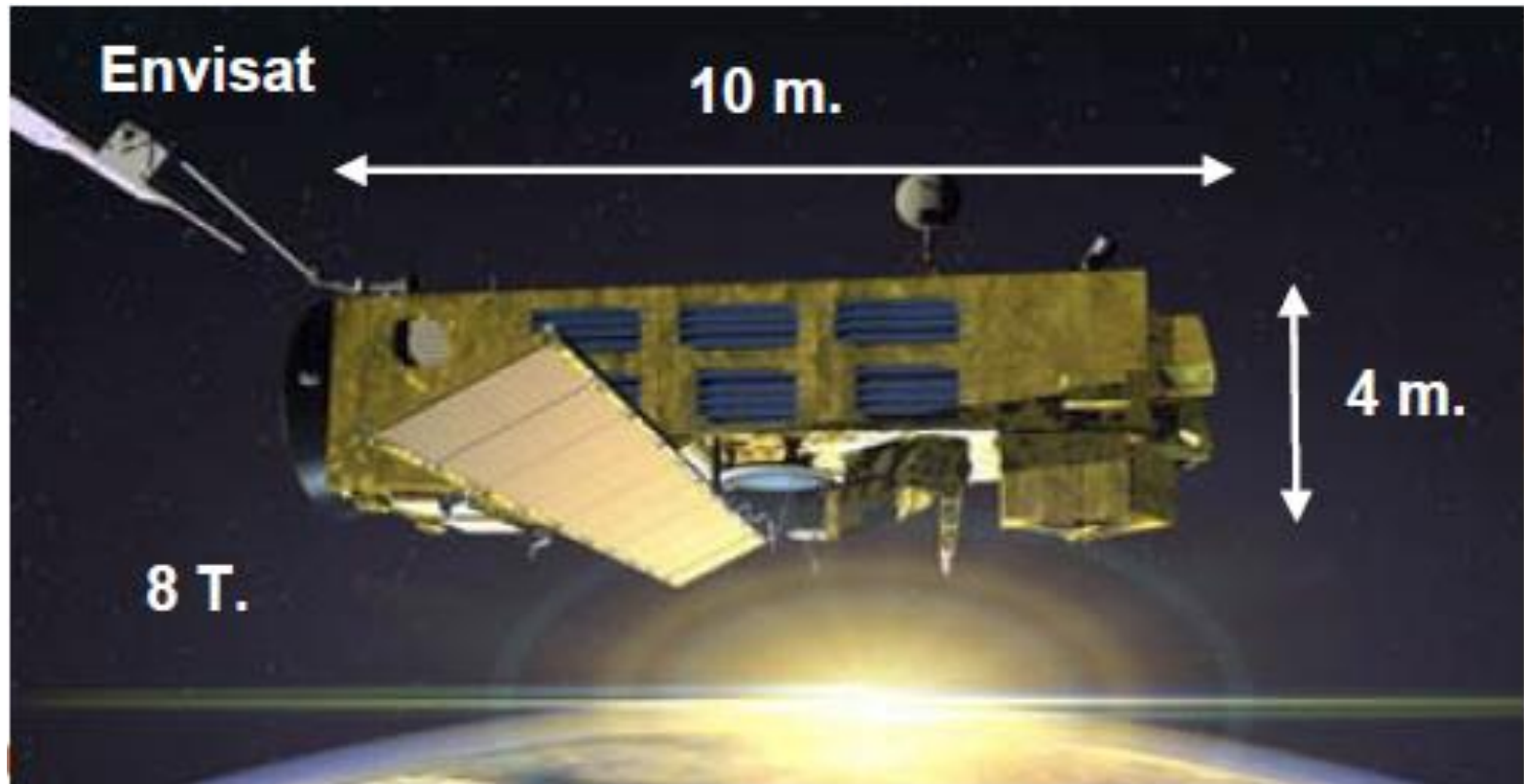


# Διαστημικά απόβλητα στην Γη



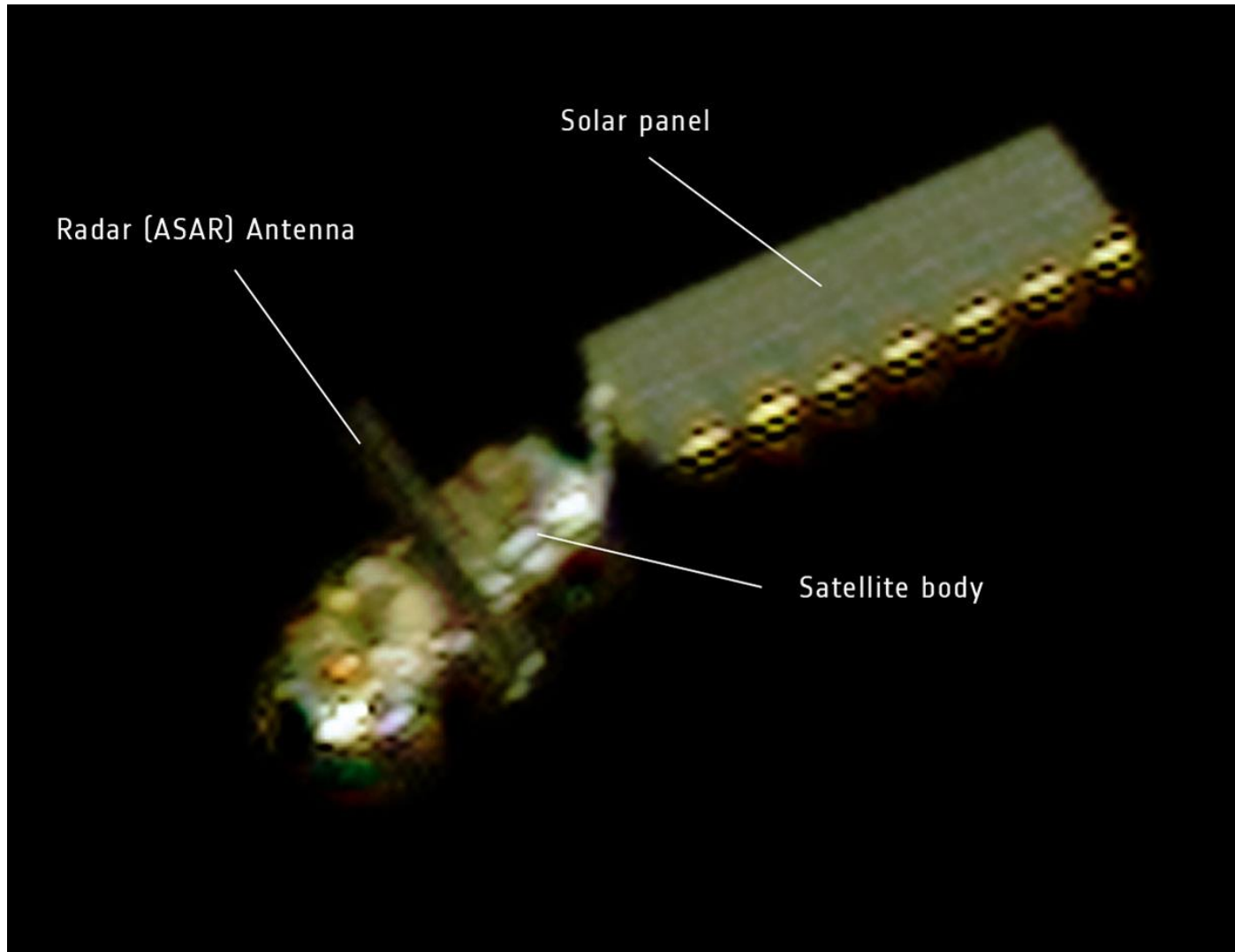


# Πρόβλημα: Envisat





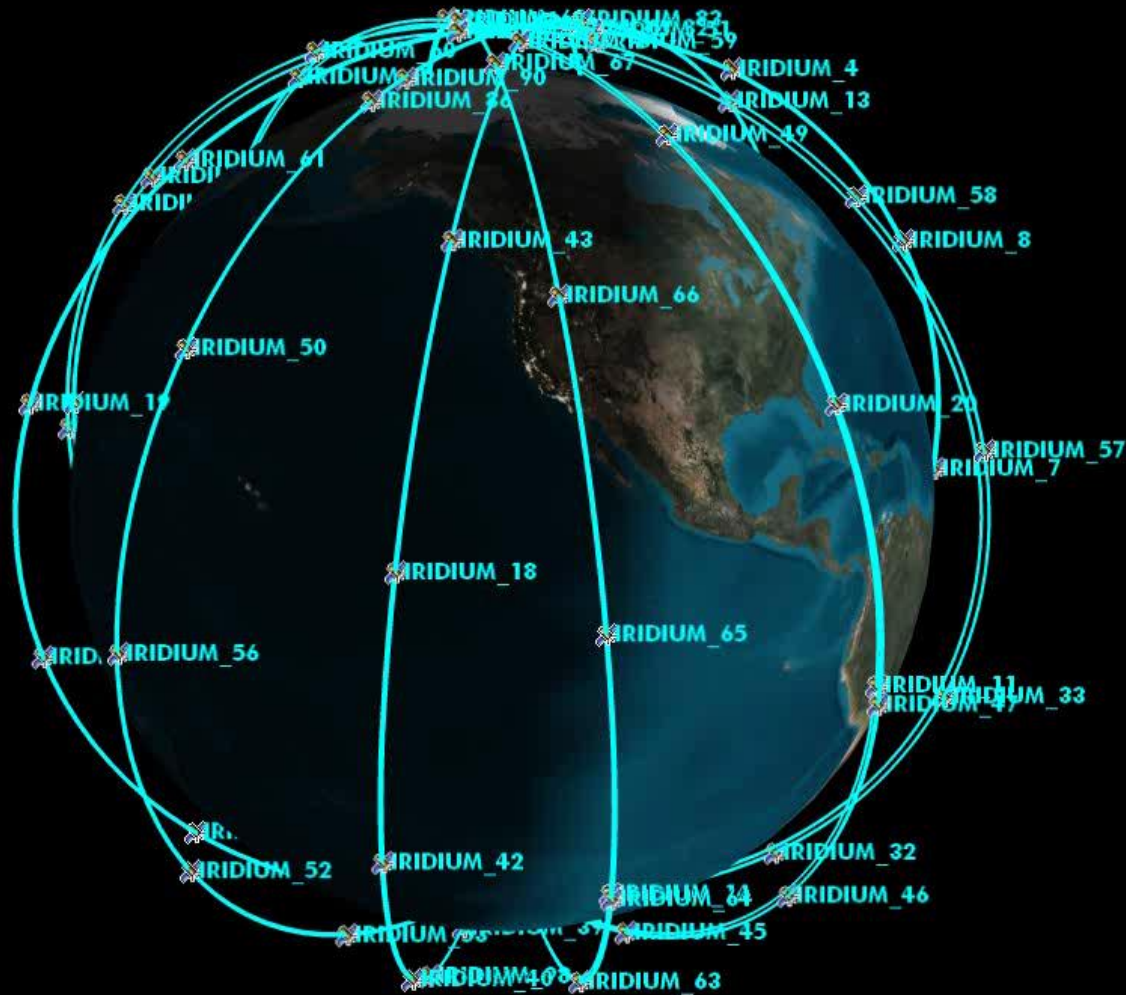
# Envisat Imaged in Space (Pleiades)







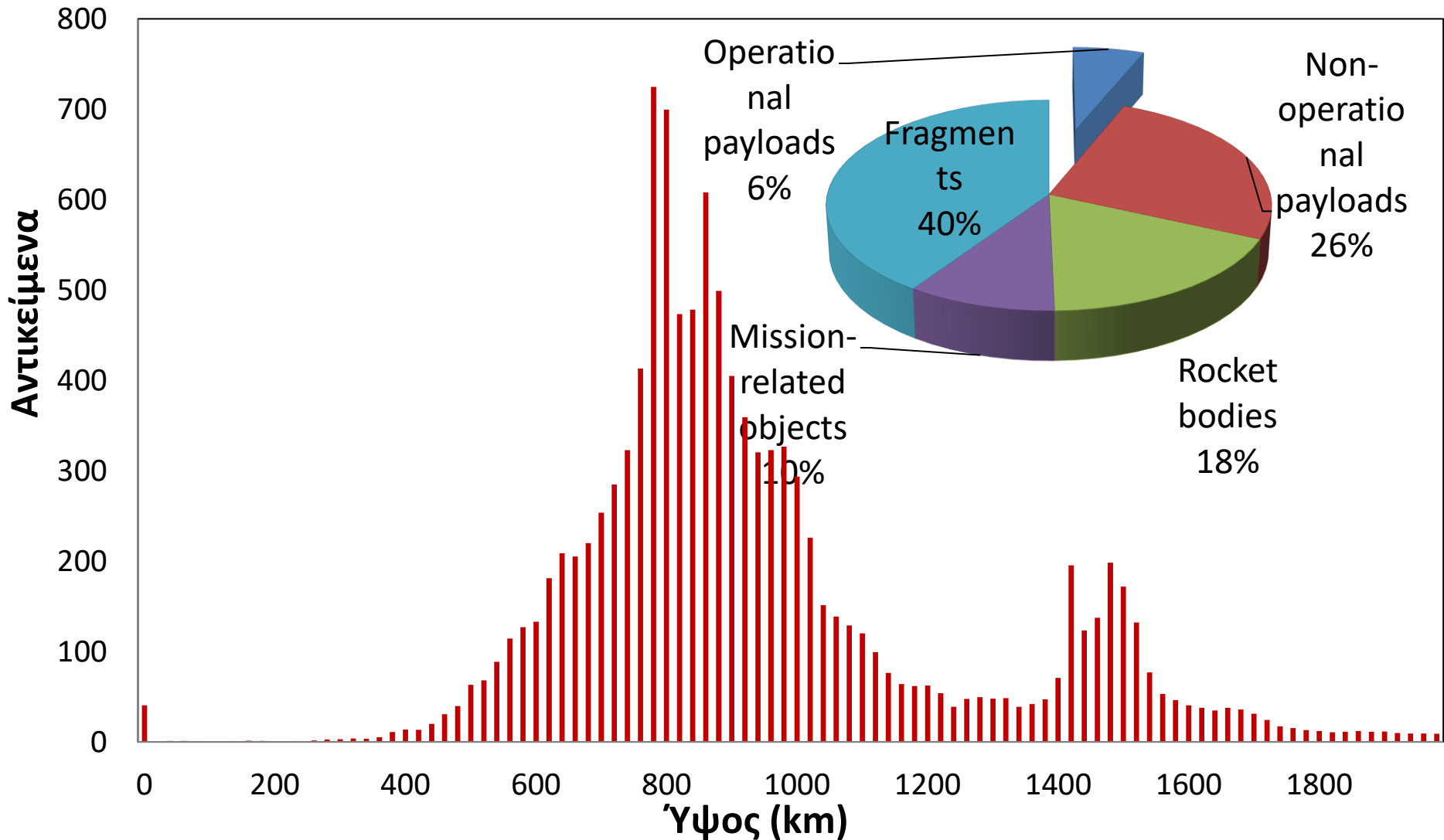
# Συγκρούσεις στο Διάστημα



- "Video courtesy of Analytical Graphics, Inc. ([www.agi.com](http://www.agi.com))."



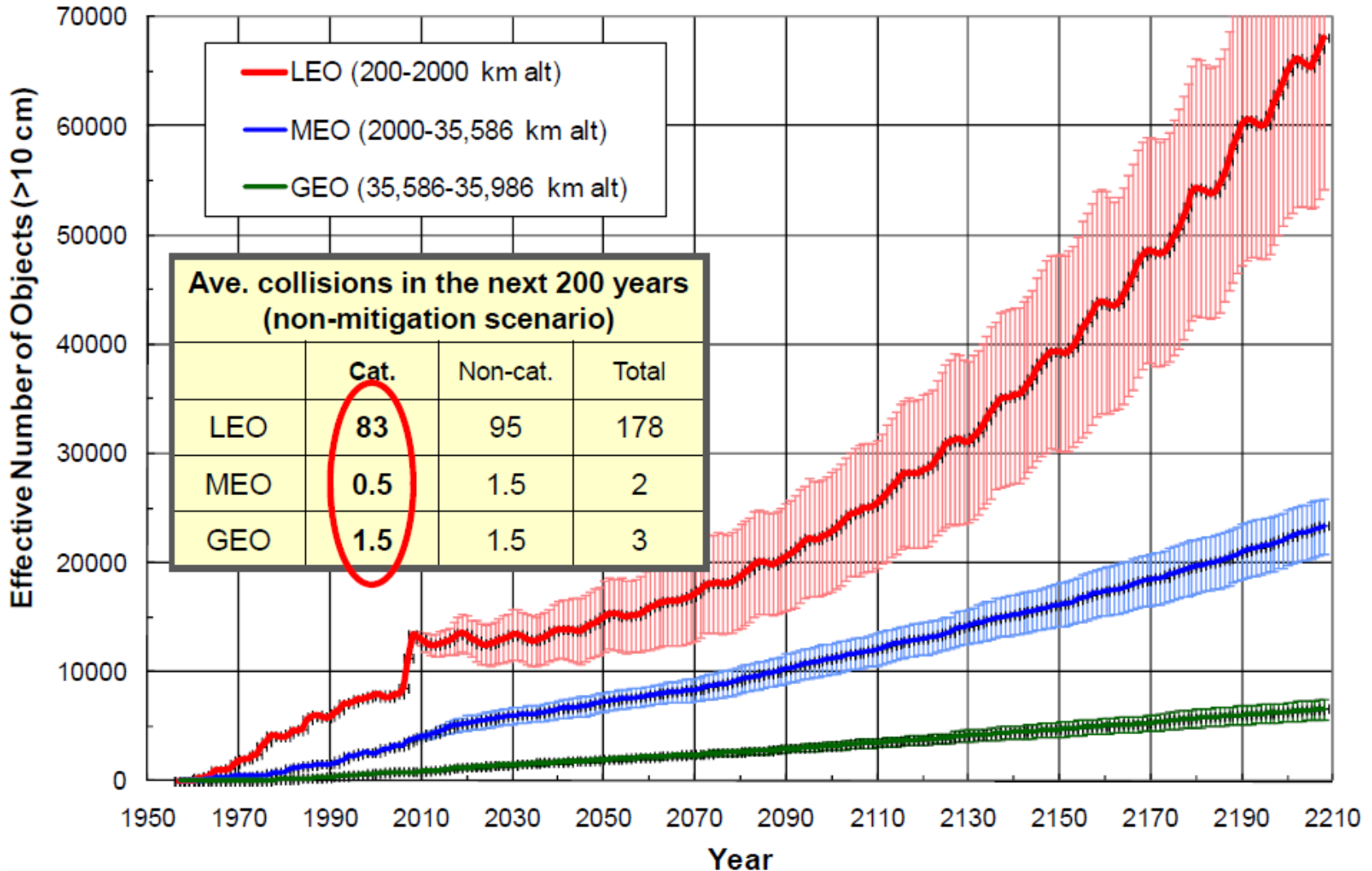
# Κατανομή Αποβλήτων





# Πρόβλεψη – Σύνδρομο Κέσλερ

## Non-Mitigation Projection (averages and 1- $\sigma$ from 100 MC runs)



- Liou, Johnson and Hill 2010, NASA/JSC



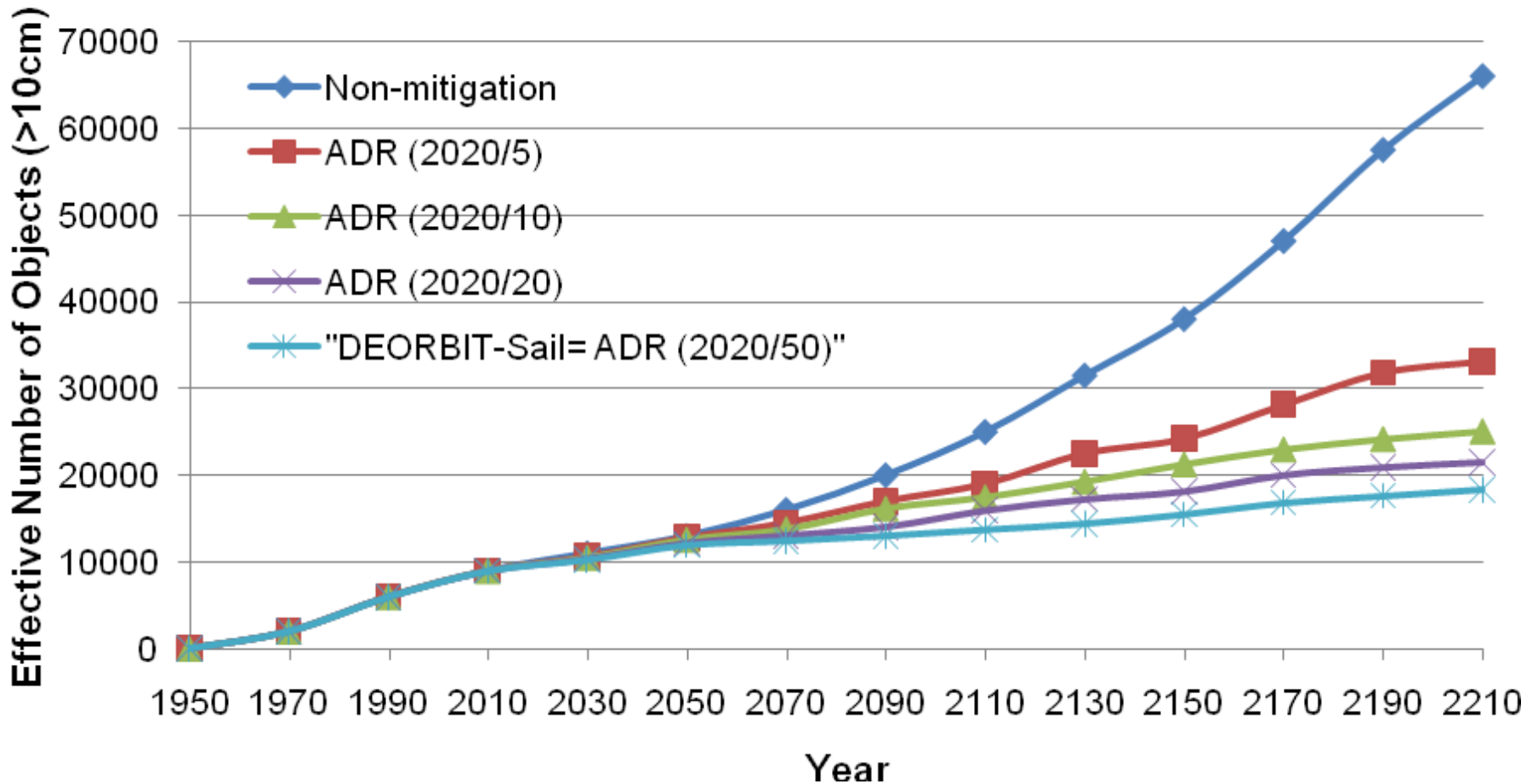
Houston, we have a problem.

[James, A. Allen, Apollo 13, 1970]



# Εξέλιξη Διαστημικών Αποβλήτων

ADR-Active Debris Removal/Ενεργή Αφαίρεση Αποβλήτων





# Απαίτηση/Προδιαγραφή απο-τροχιοποίησης 25 Year Deorbit Requirement

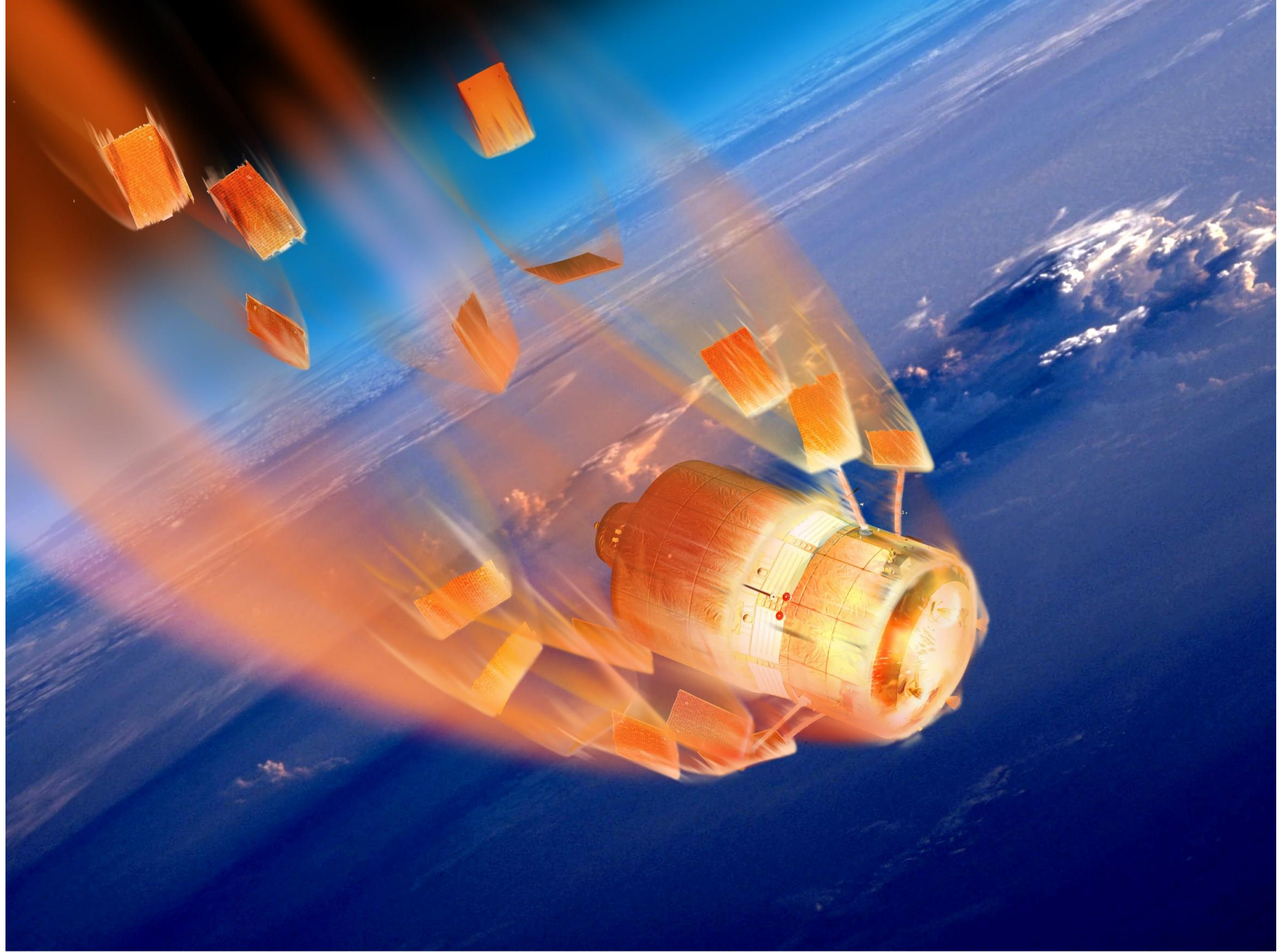
- Κατευθυντήριες γραμμές/κανόνες από-τροχιοποίησης
- Τον Φεβρουάριο του 2007 τα Ηνωμένα Έθνη (ΟΗΕ) - United Nations υιοθέτησαν κανόνες/απαίτηση/Προδιαγραφή απο-τροχιοποίησης δορυφόρων σε 25 έτη μετά το τέλος της λειτουργίας τους (**25 year deorbit requirement from LEO**)
- Έχει γίνει μέρος την νομοθεσίας σε πολλά κράτη



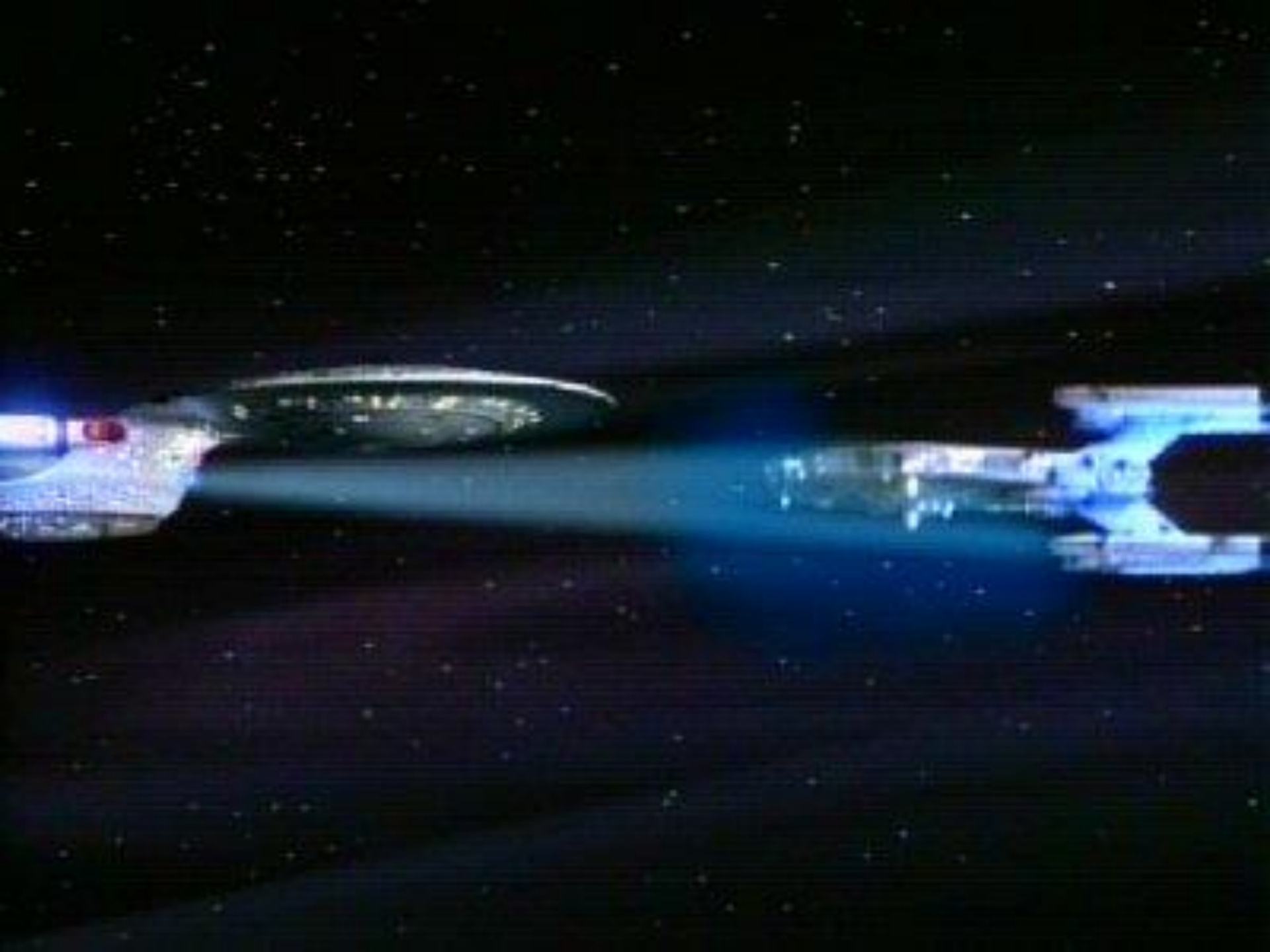
# Μετακίνηση/Μείωση Διαστημικών Αποβλήτων

- Έχουν προταθεί πολλές λύσεις: π.χ. προωθητές (καύσιμα)
  - Αύξηση Αεροδυναμικής Τριβής/Οπισθέλκουσας (Αλεξίπτωτο)
    - **Μείωση της ταχύτητας/ύψους αποβλήτου, απορρόφηση/έλξη του από την ατμόσφαιρα/Γη**
    - **Το απόβλητο καίγεται στην ατμόσφαιρα**



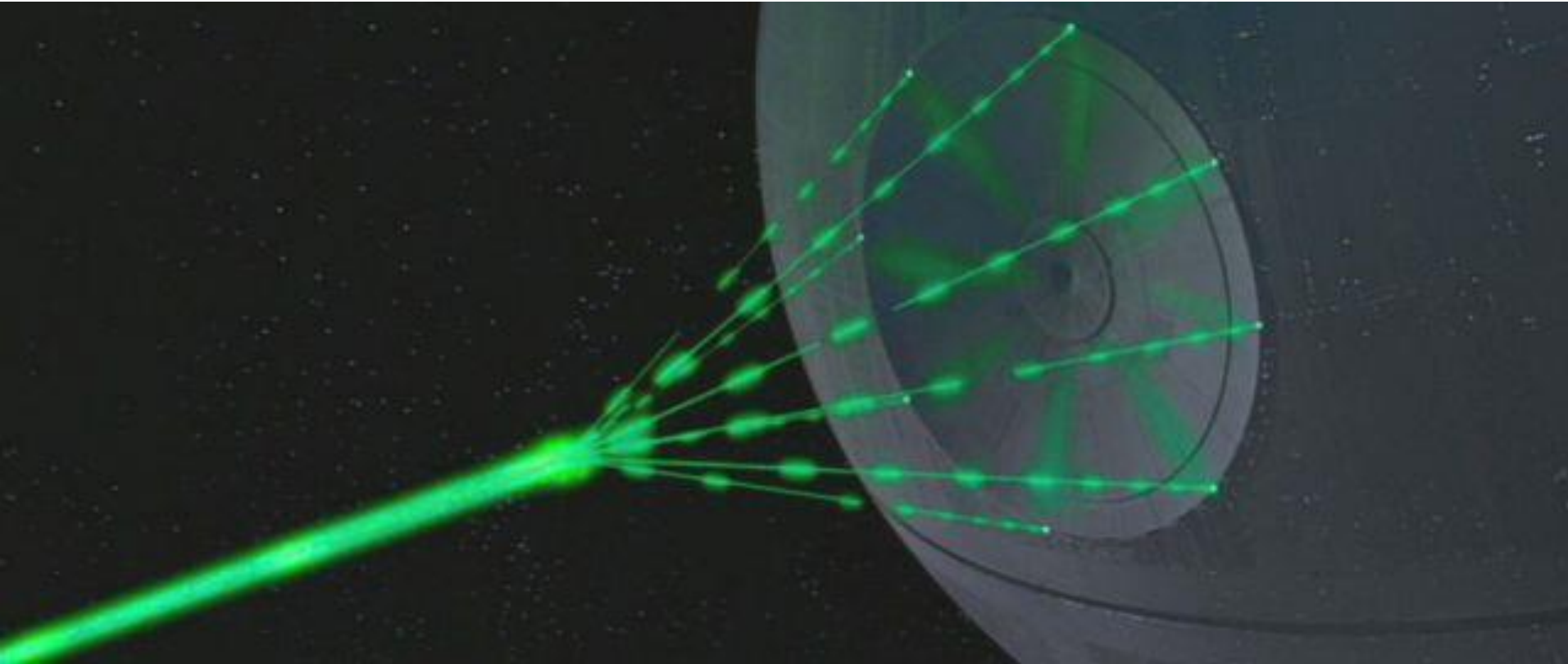




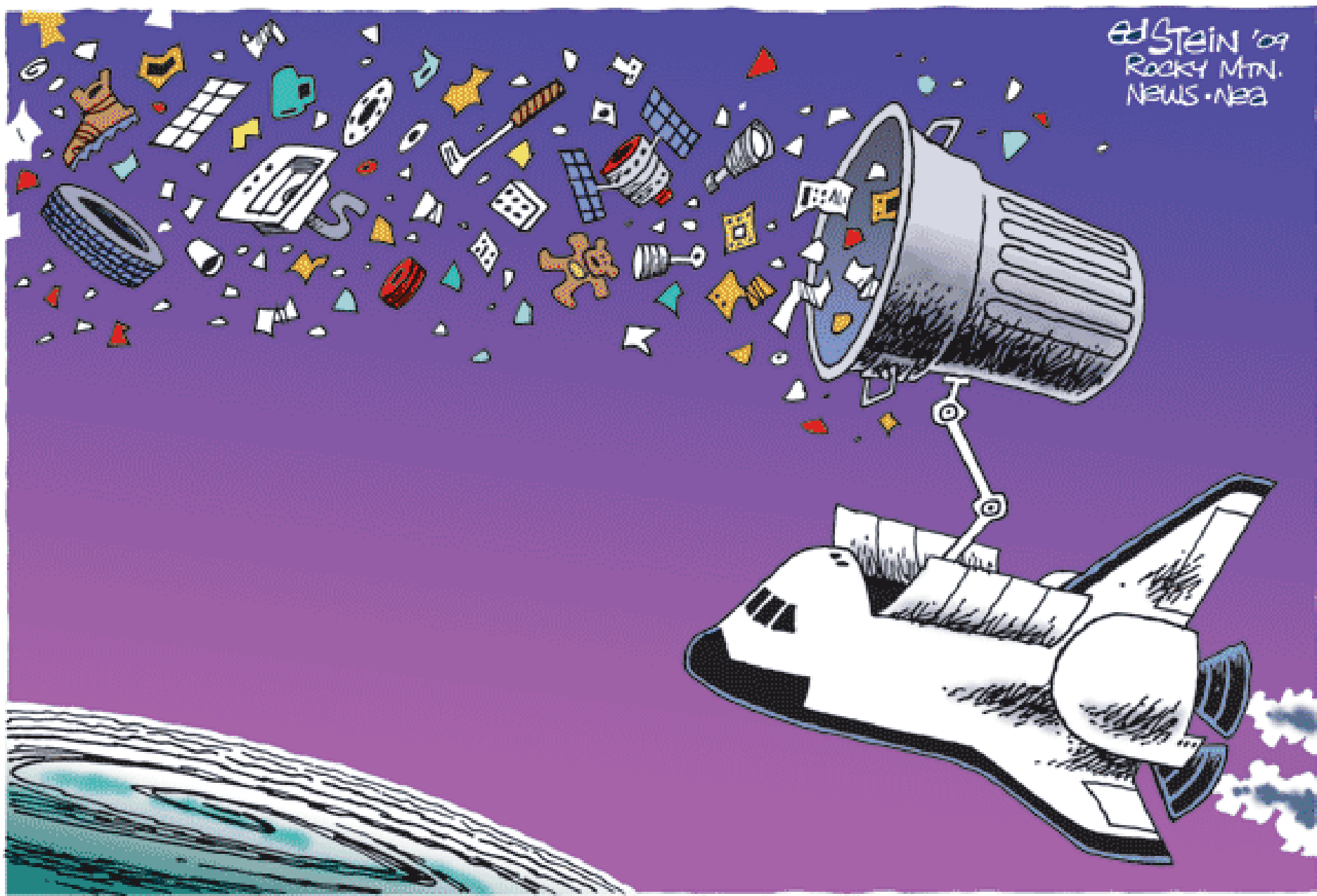




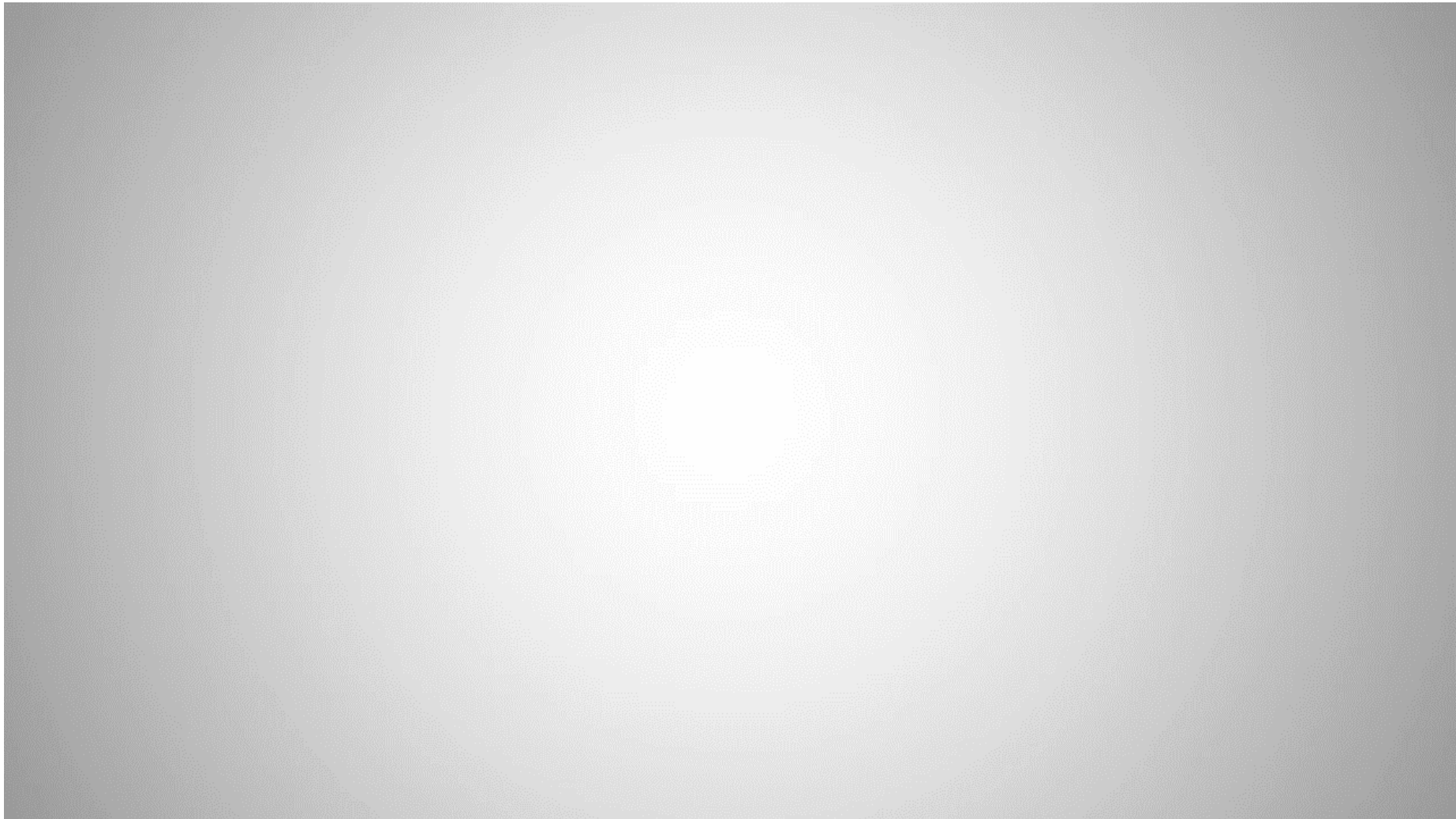
# Lasers?



ed Stein '09  
Rocky Mtn.  
NEWS-NEA



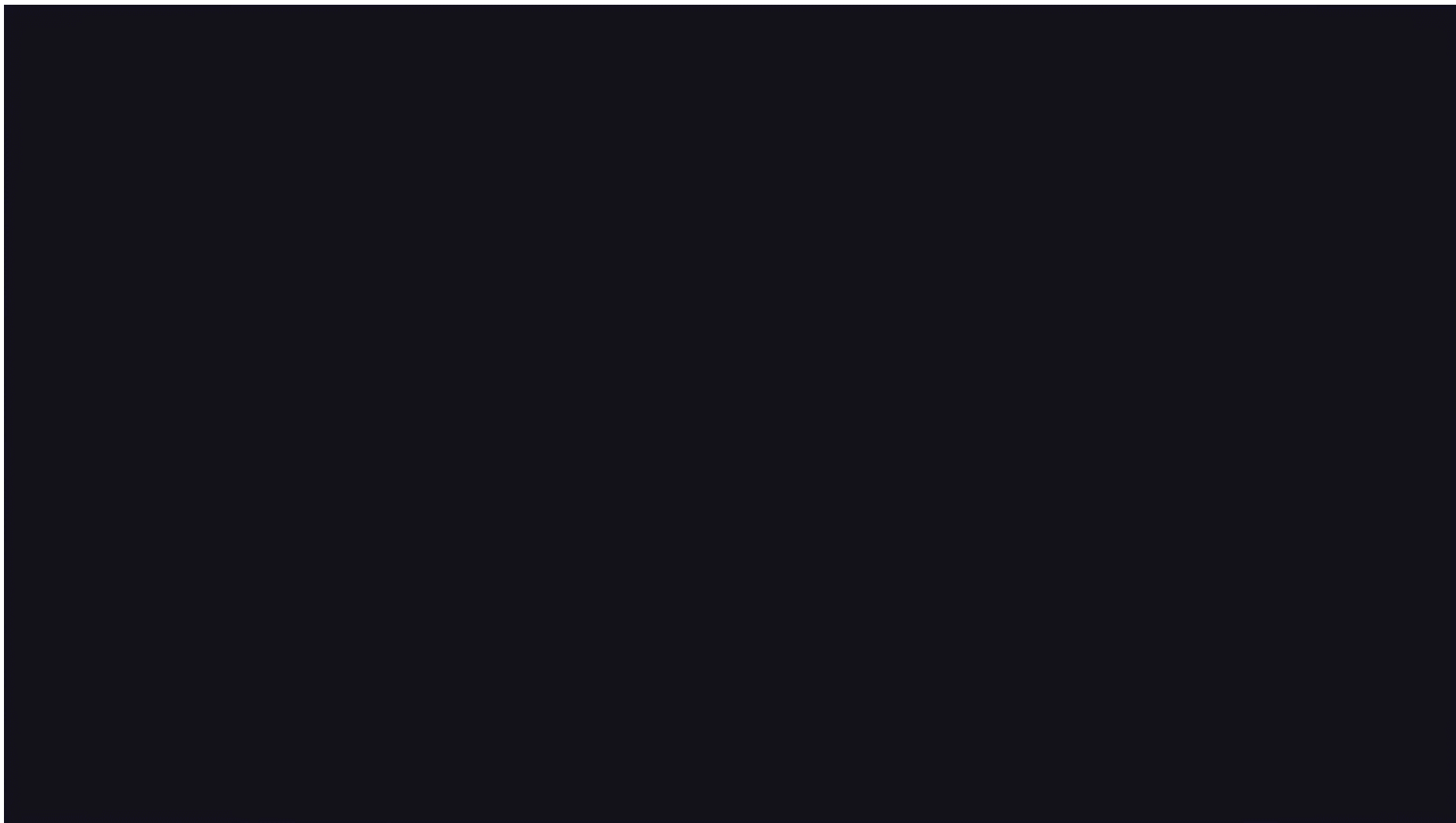
- Υπάρχει τρόπος να δημιουργήσουμε κάποιο σύστημα χαμηλού κόστους που να μαζεύει απόβλητα;





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών  
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

# Αποστολή e.Deorbit





# Μετακίνηση/Μείωση Διαστημικών Αποβλήτων

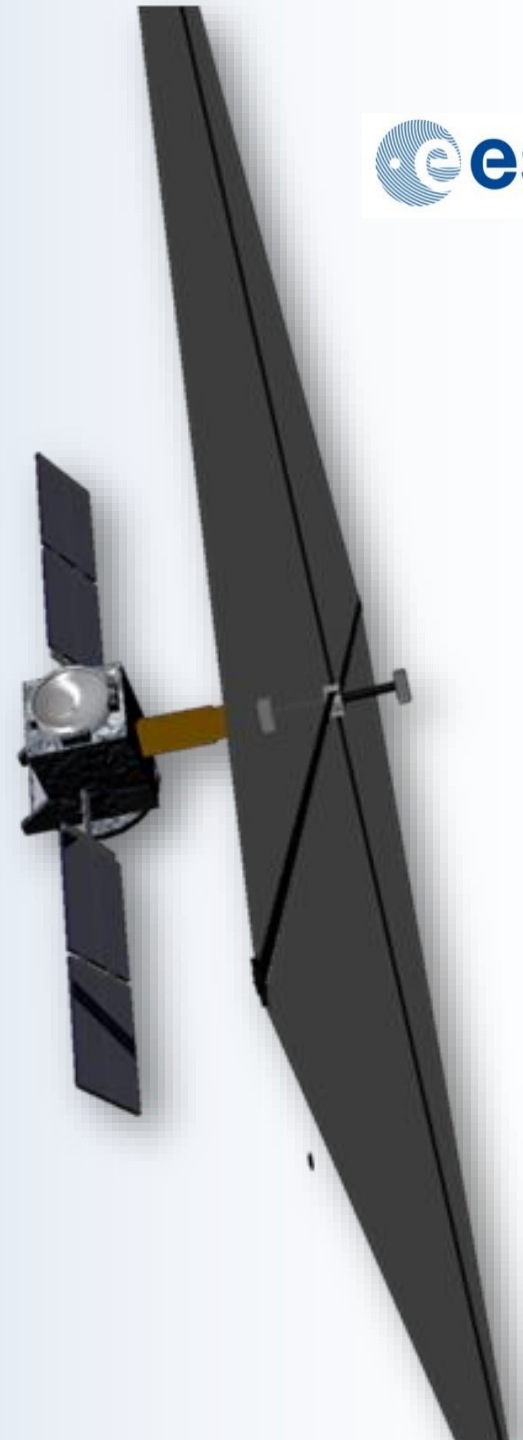
- Δεν υπάρχει μοναδική λύση στο πρόβλημα....
- Όταν είναι εφικτό, χρησιμοποιούμε καύσιμα, αλλά αυτό έχει κόστος (καύσιμα) και προϋποθέτει ότι το απόβλητο/δορυφόρος είναι ελεγχόμενο/λειτουργικό
- Ποιος είναι ο πιο απλός, οικονομικότερος τρόπος να χρησιμοποιήσουμε την αεροδυναμική τριβή ώστε να επαναφέρουμε δορυφόρους/απόβλητα ώστε να καούν στην ατμόσφαιρα;

Gossamer



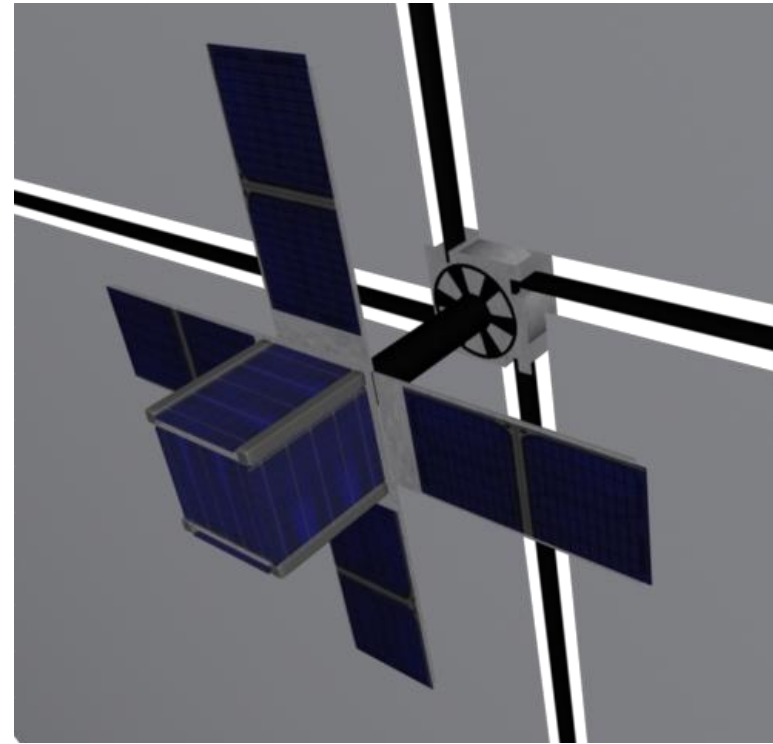
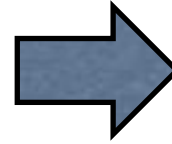
***DEORBITER***

European Space Agency  
Gossamer Deorbiter





# Η Τεχνολογία







# Ιστίο 1.7 x 1.7 m (250 gr)



# CUBESAIL

Free deployment of 1.7m x 1.7m prototype on air-bearing

Prof. Vaios Lappas

Nasir Adeli

Johnny Fernandez

Theodoros Theodorou

Lourens Visagie



**ASTRIUM**  
AN EADS COMPANY





# Ιστίο 1.7 x 1.7 m (250 gr)



# CUBESAIL

Free deployment of 1.7m x 1.7m prototype

Prof. Vaios Lappas

Nasir Adeli

Johnny Fernandez

Theodoros Theodorou

Lourens Visagie



**ASTRIUM**  
AN EADS COMPANY



# Deployed 5 x 5 m Scalable Sail-Deorbit System

CFRP/Metallic  
Ultra-light  
Booms



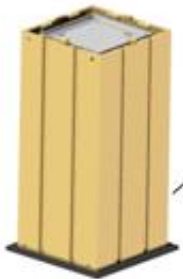
CP-1 Ultra light  
membrane

SURREY  
SPACE CENTRE



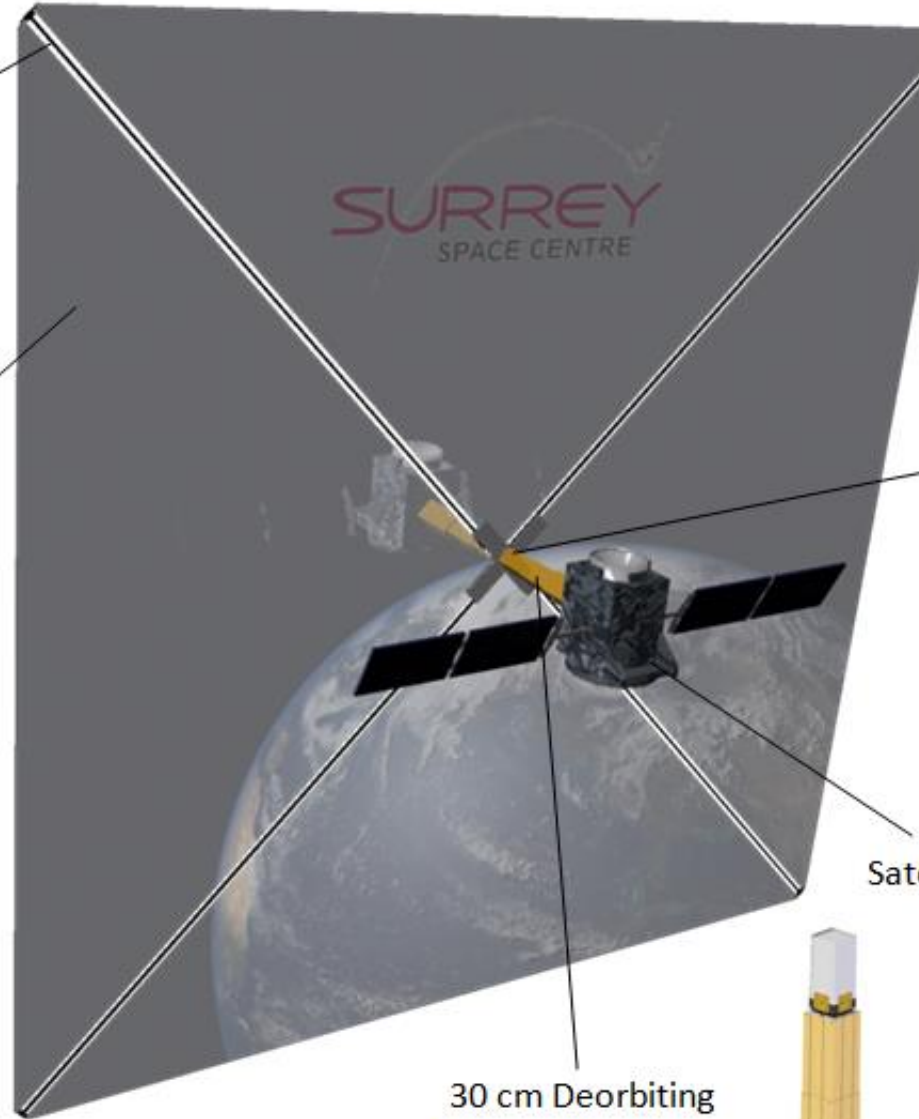
Sail Deployment  
Mechanism

**Stowed Deorbit System**  
15 x 15 x 25 cm, 2 kg



Satellite

30 cm Deorbiting  
Deployment System





Ιστίο 25 τετ. μέτρων με βάρος 1.5 kg

## 5x5m Sail Deployment

Gossamer






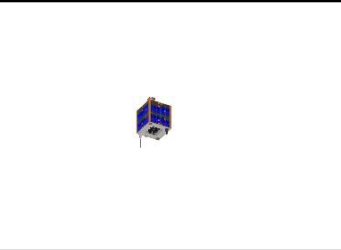
## Telescopic Deployment System





# Δορυφόρος με Ιστό οπισθέλκουσας

- Ας υποθέσουμε ότι έχουμε 2 δορυφόρους, έναν 3 kg (cubesat) και έναν μικροδορυφόρο 150 kg σε τροχιά 700 km
- Πόσο χρόνο θα μείνουν σε τροχιά; Τι θα γίνει αν επεκτείνουν ένα πτυσσόμενο, ελαφρύ ιστίο 25 τετραγωνικών μέτρων?

				
<b>Mass (kg)</b>	3		150	
<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	0.03	25	0.8	25
<b>Initial Altitude (km)</b>	<b>Time (YEARS) No Sail</b>	<b>Time (DAYS) With Sail</b>	<b>Time (YEARS) No Sail</b>	<b>Time (YEARS) With Sail</b>
600	26.5	39	42.4	2.3
650	48.1	75	85	3.7
<b>700</b>	<b>88.5</b>	<b>132</b>	<b>159.9</b>	<b>6.7</b>
750	160.5	190	299.7	14.1



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών  
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

# Αποστολή RemoveDEBRIS



Remove Debris  
Net Experiment using DS1 Cubesat





# RemoveDEBRIS Harpoon Experiment



The Mission Extension Vehicle-1 was designed, built and tested in Northrop Grumman's Dulles, Virginia, Satellite Manufacturing Facility



# Ερωτήσεις

- Ποιοι παράγοντες προκαλούν τα διαστημικά απόβλητα/συντρίμμια;
- Πόσο μεγάλο πρόβλημα είναι τα διαστημικά απόβλητα και πως μπορούμε να το λύσουμε;
- Πιο είναι το καλύτερο μέτρο πρόληψης για την αποφυγή δημιουργίας διαστημικών απόβλητων;



# Εργασία

- Ομαδική εργασία (20% του βαθμού σας), ομάδες ανά 4
  - Περιγράψτε χρησιμοποιώντας την βιβλιογραφία τι είναι το σύνδρομο Κέσλερ (Kessler) [1 σελίδα]
  - Βρείτε αν υπάρχει κίνδυνος να συγκρουστούν διαστημικά απόβλητα που επανέρχονται στην ατμόσφαιρα πίσω στην Γη, με την Γη. Ποιες είναι οι πιθανότητες να συγκρουστούν με ανθρώπους? [1 σελίδα]
  - Με ποιους τρόπους μπορούμε να πιάσουμε διαστημικά σκουπίδια στο διάστημα; Να συγκρίνεται τις μεθόδους που υπάρχουν με τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματά τους (σε πίνακα) [1 σελίδα]
  - Πρόσφατα, διάφορες εταιρίες (π.χ. Starlink) έχουν σκοπό ή έχουν ήδη εκτοξεύσει σμήνη από δορυφόρους. Τι μέτρα έχουν πάρει ώστε οι δορυφόροι τους να απομακρυνθούν από τις τροχιές τους και να γίνουν σκουπίδια; Η SpaceX έχει εκτοξεύσει ~240 δορυφόρους. Βρείτε από την βιβλιογραφία την εξέλιξη των τροχιακών τους θέσεων και σχολιάσετε αν γίνονται δοκιμές απομάκρυνσης διαστημικών αποβλήτων/δορυφόρων και με ποιόν τρόπο. [1 σελίδα]
  - Να ερευνήσετε τις τελευταίες διαστημικές αποστολές σχετικές με space debris και τις εμπορικές διαστάσεις του space debris removal/servicing
  - Ημερομηνία παράδοσης (email) 30/1/22.