

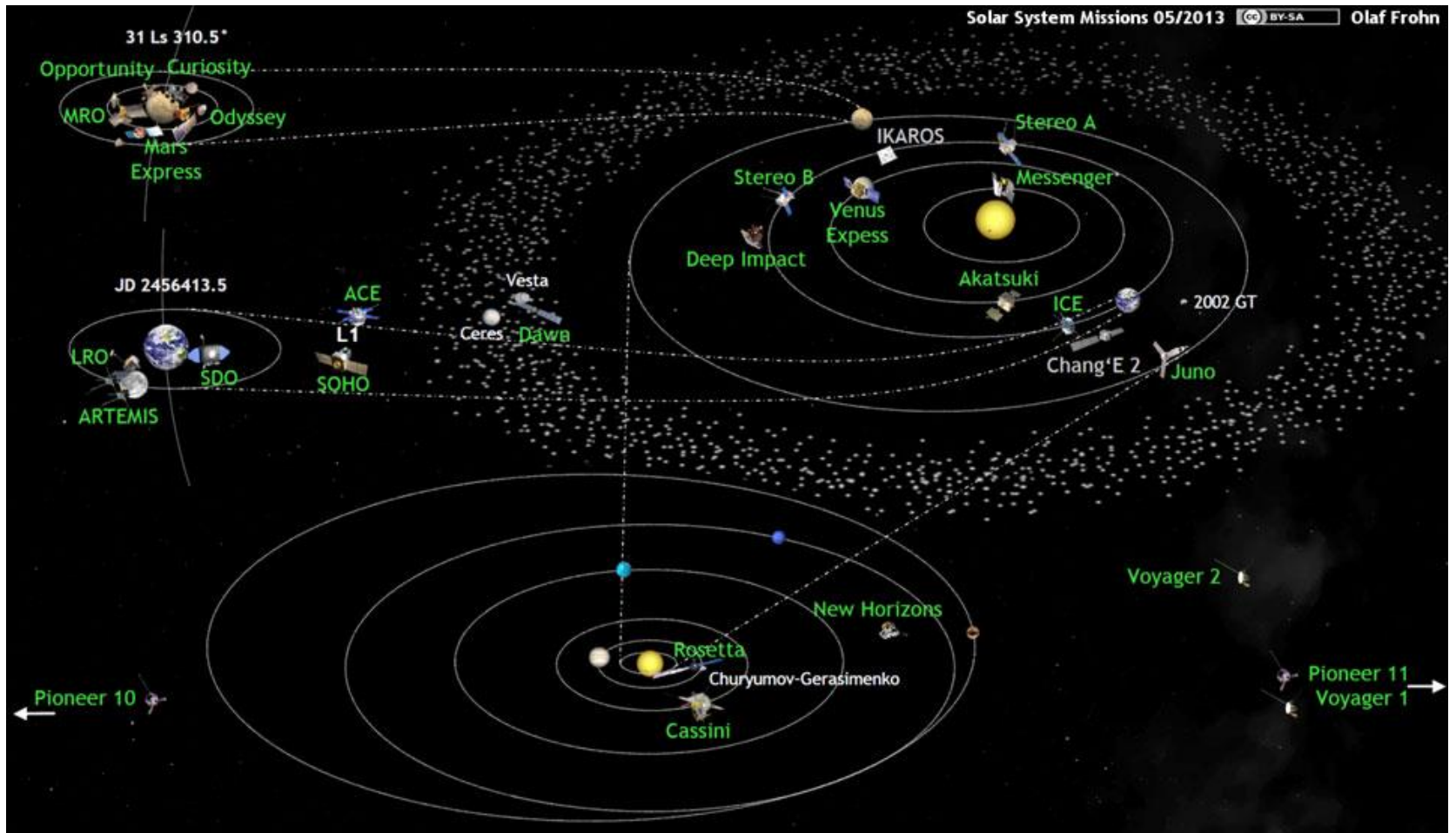


ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Εισαγωγή στην Αστροφυσική

Ενότητα 4: Πλανητικό σύστημα

Παναγιώτα Πρέκα
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής



Upcoming Events

2013

- Sep: LADEE Launch/OI Moon
- Oct: Juno FB Earth
- Nov: MAVEN Launch
- Nov: Mars Orbiter Mission Launch
- Dec: Chang'E 3 Launch/SL Moon

2014

- Jan: Rosetta Wake-up
- May: Rosetta App Churyumov-Ger.
- Aug: ICE FB/OI? Earth
- Aug: Rosetta OI Churyumov-Ger.
- Nov: Rosetta/Philae SL Chu-Ger.
- Nov: Sunjammer Launch

2015

- Nov: DSCOVR Launch
- Dec: Hayabusa 2 Launch
- Feb: Dawn OI Ceres
- Jul: New Horizons FB Pluto
- Aug: Bepi-Colombo Launch
- Nov: Akatsuki OI Venus
- Chang'E 4 Launch/SL Moon
- Luna Glob 1 Launch

2016

- Jan: Exomars-TGO Launch
- Mar: InSIGHT Launch
- Jul: Juno OI Jupiter
- Sep: OSIRIS-REx Launch
- Luna-Glob 2 Launch
- 2017
- Sep: Cassini EOM
- Oct: Juno EOM

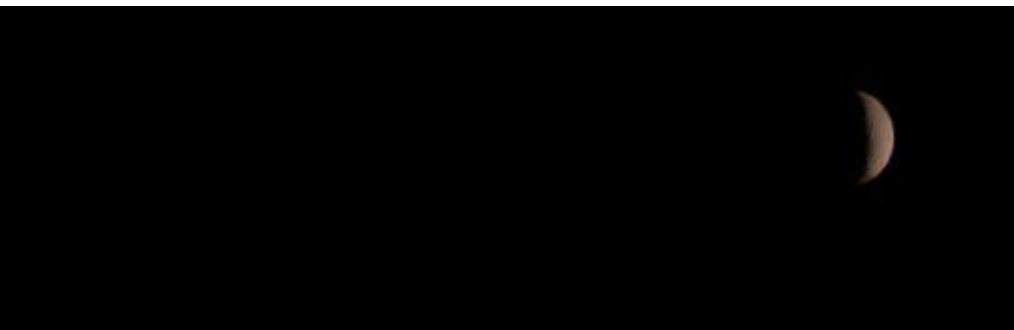
2018+

- Solar Orbiter Launch
- Orion EM-1 Launch/FB Moon
- Chang'E 5 Launch/SL Moon
- Deep Impact FB Earth
- Solar Probe Plus Launch
- Exomars Rover Launch
- Deep Impact FB 2002 GT (2020)
- (US Mars Rover) Launch (2020)

FB: Flyby; OI: Orbit Insertion; App: Approach; Dep: Departure; EDL: Entry, Descent and Landing; SL: Soft Landing; EOM: End of Mission

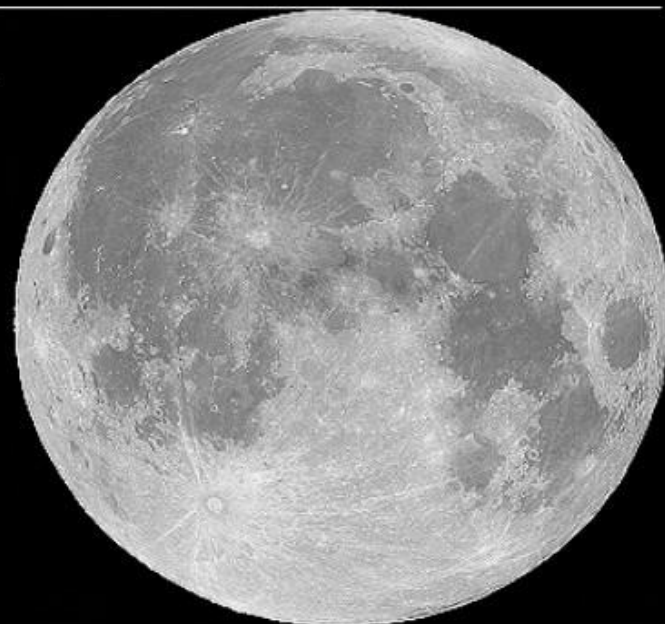


EARTH AND MOON FROM NEAR



Apogee

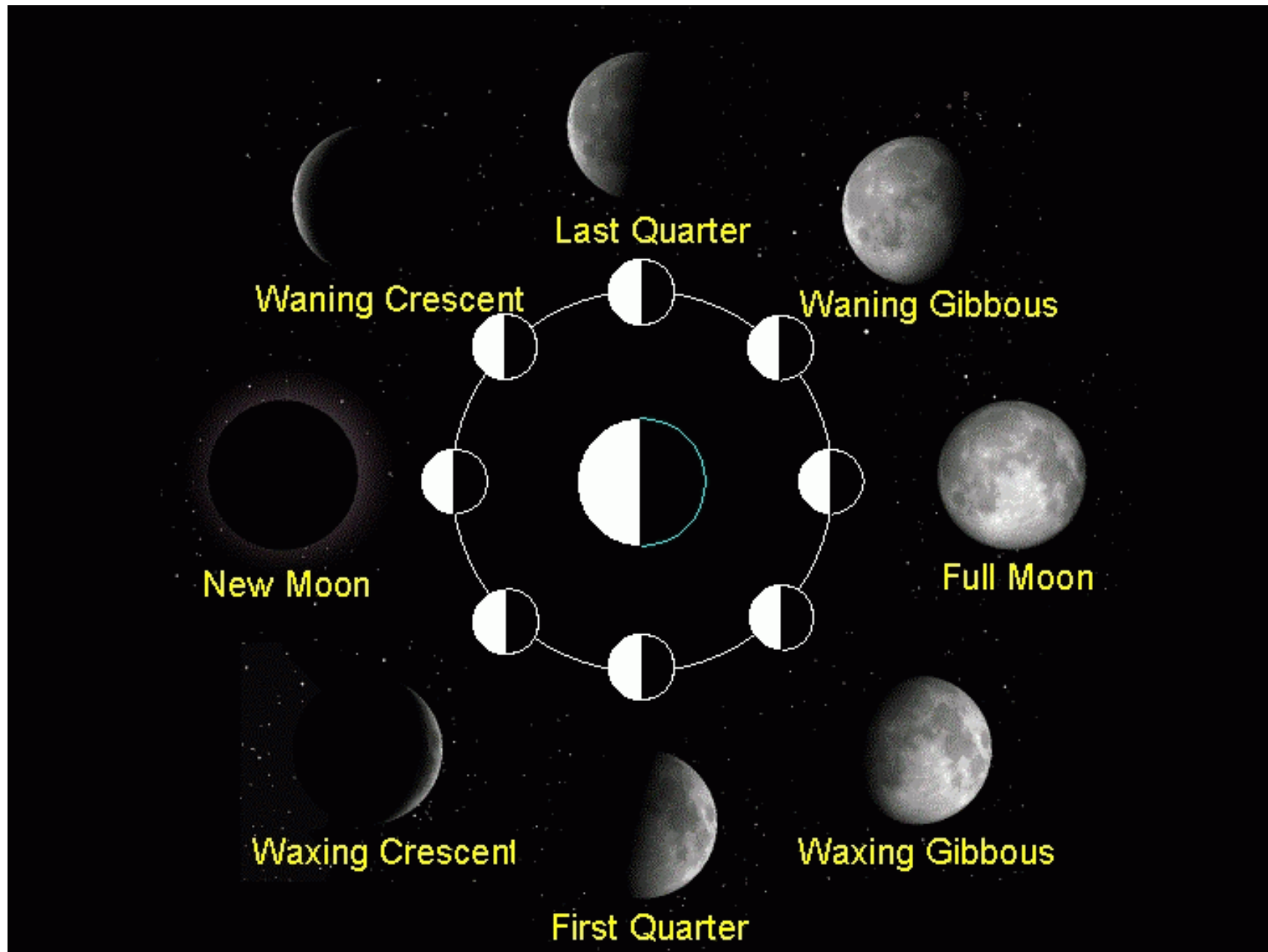
Perigee

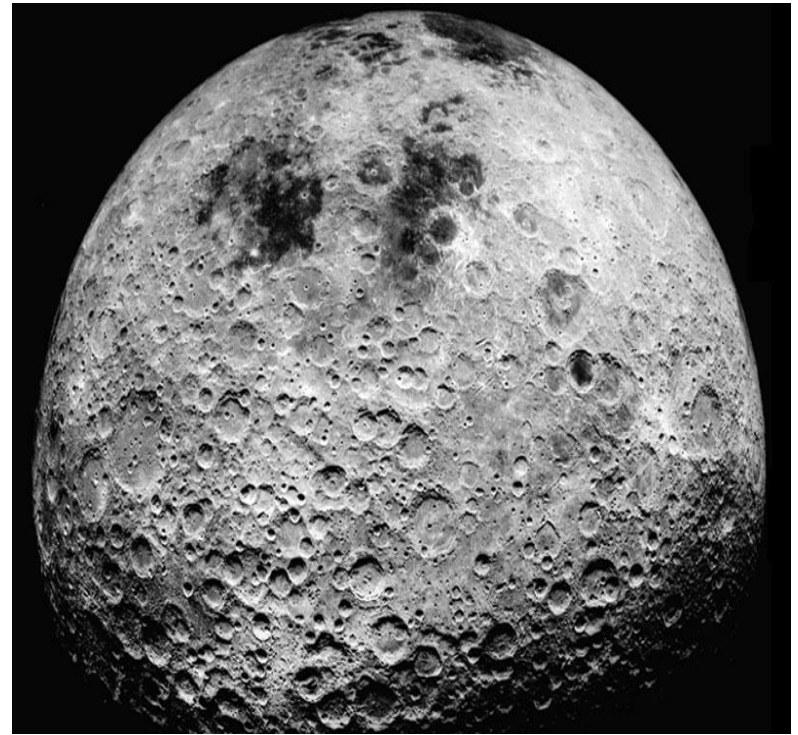


2006-02-13
405,978 km
29.87 arc-mins
Altitude @ 69.17°

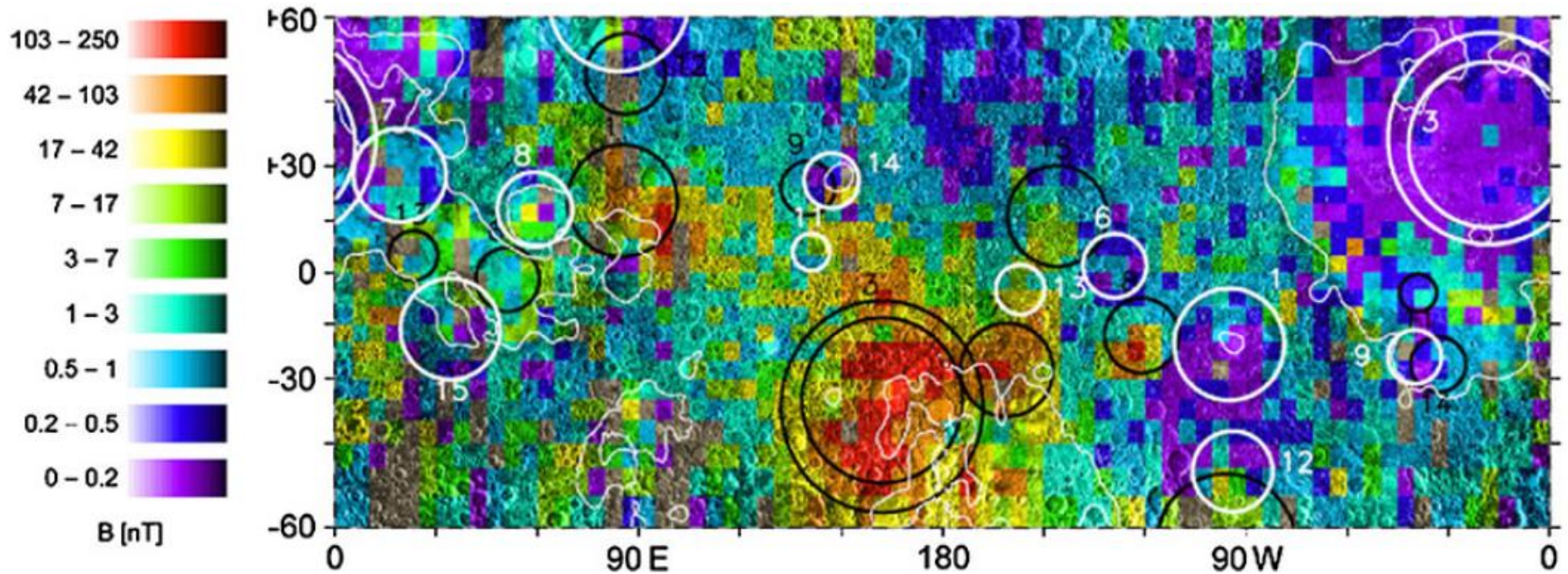
2006-09-08
357,210 km
33.89 arc-mins
Altitude @ 45.36°







Crustal Magnetic Field



Το μαγνητικό πεδίο της Σελήνης, όπως μετρήθηκε από τον Lunar Prospector

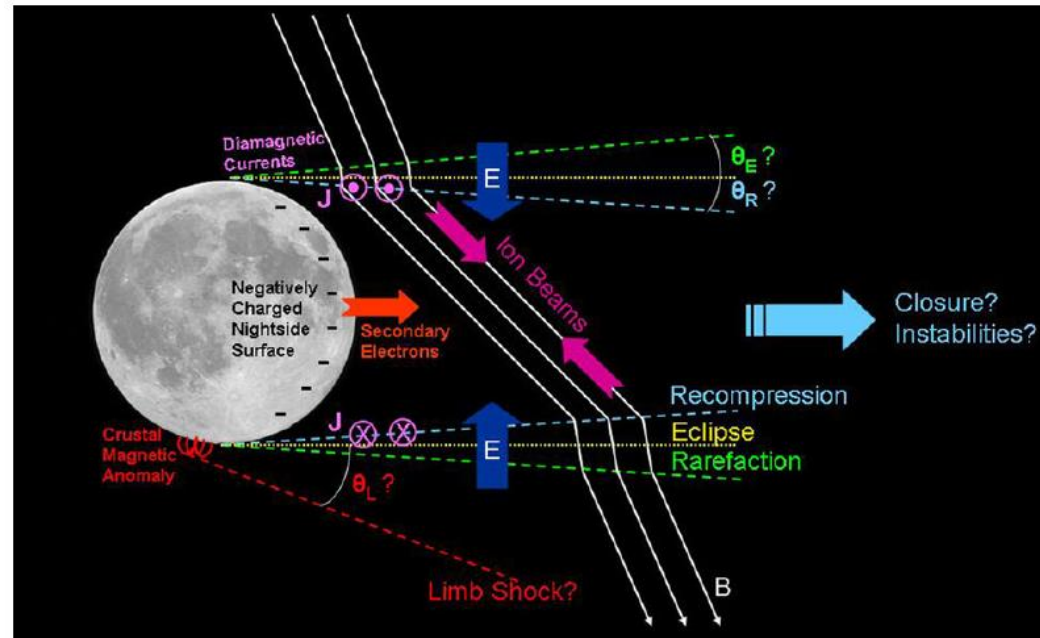
Σχήμα: Mitchell et al 2008



Παρατηρήσεις ARTEMIS

• Το πέρασμα του ARTEMIS μέσα από το lunar wake έγινε όταν η Σελήνη βρισκόταν μπροστά από τη Γη

• Με βάση τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν κατά την είσοδο και έξοδο από το wake, έγινε μια προσομοίωση από τους Whiehle et al (2011), η οποία παρουσιάζεται παρακάτω



Τι είναι το Lunar Wake

Το lunar wake για τον ηλιακό άνεμο, ότι η σκιά για την ηλιακή ακτινοβολία

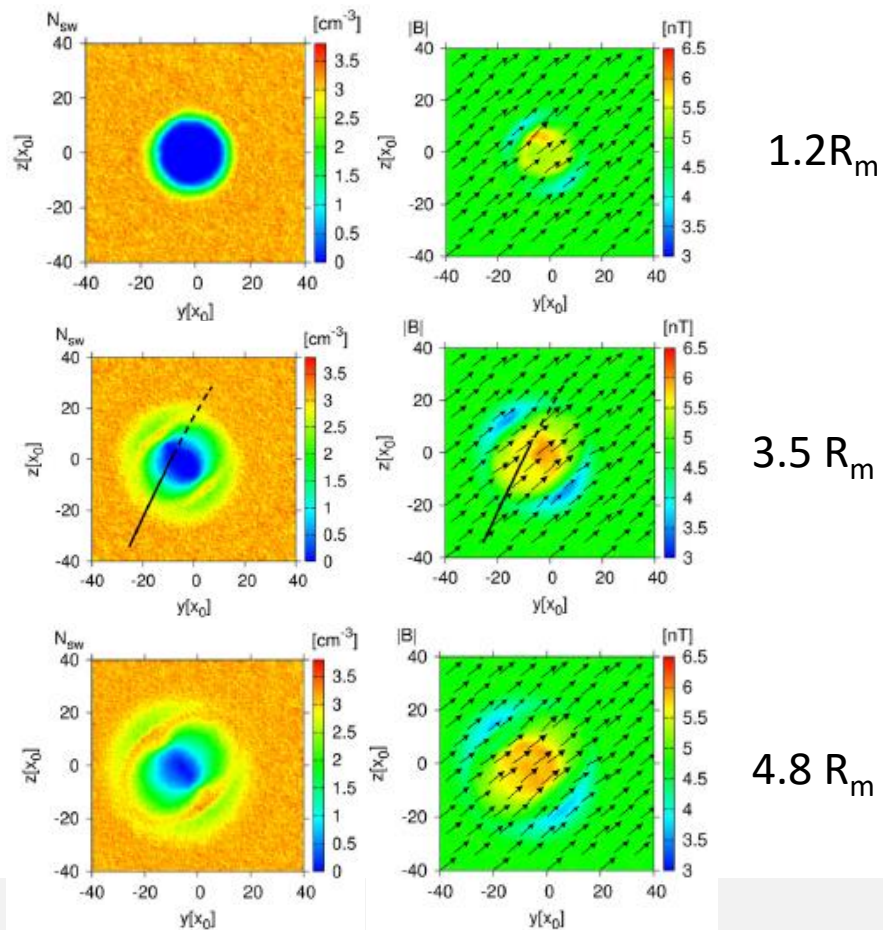
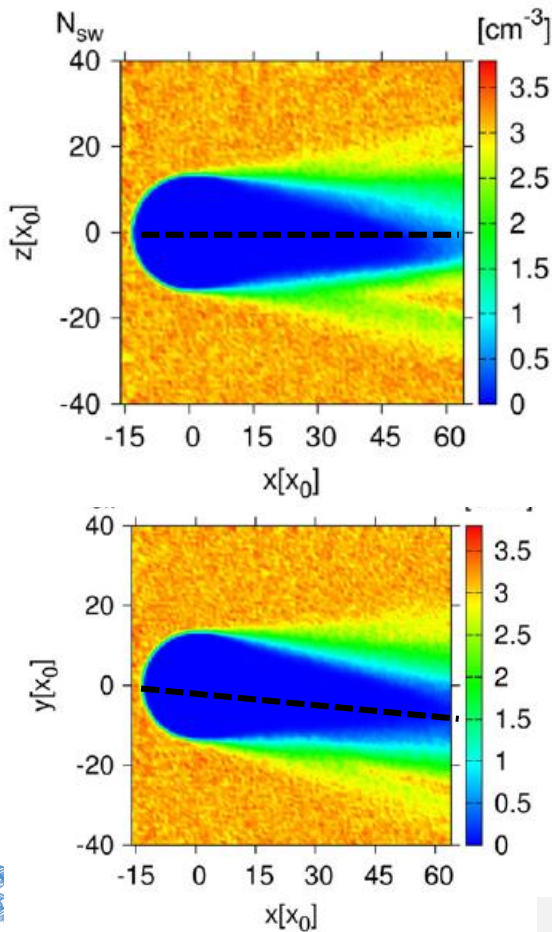
- Η διαδικασία του γεμίσματος του lunar wake εκτείνεται σε μεγάλη απόσταση πίσω από τη Σελήνη [Lyon et al 1967]
- Η έλλειψη σωματιδίων στο εσωτερικό του wake δημιουργεί ένα διαμαγνητικό ρεύμα
 - Αύξηση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του wake
 - Ελάττωση του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή πέριξ του wake [Colburn et al 1967]
- Τα e έχουν μεγαλύτερη θερμική ταχύτητα από τα i → Δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου διαχωρισμού φορτίου (charge-separation) → επιβράδυνση e , επιτάχυνση i και δημιουργία ενός κύματος αραιώσης (rarefaction wave)
 - Κινείται κατά μήκος του wake
- Εκθετική μείωση της πυκνότητας προς το εσωτερικό του wake [Samir et al 1983]



Παρατηρήσεις ARTEMIS

Πυκνότητα

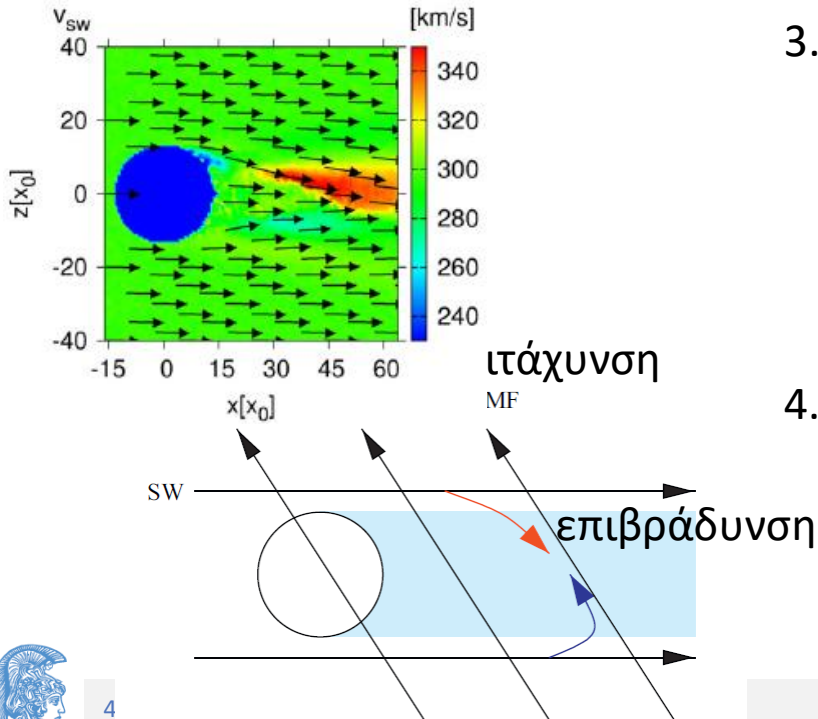
- Χαμηλή πυκνότητα πίσω από τη Σελήνη
- Ασύμμετρο γέμισμα του wake, παράλληλα στο μαγν. πεδίο
- Διάδοση του κύματος αραίωσης κάθετα στο μαγν. πεδίο, και διαχωρισμός του από αυτό
- Μικρή κλίση του wake που οφείλεται στις συνιστώσες V_y και V_z της ταχύτητας



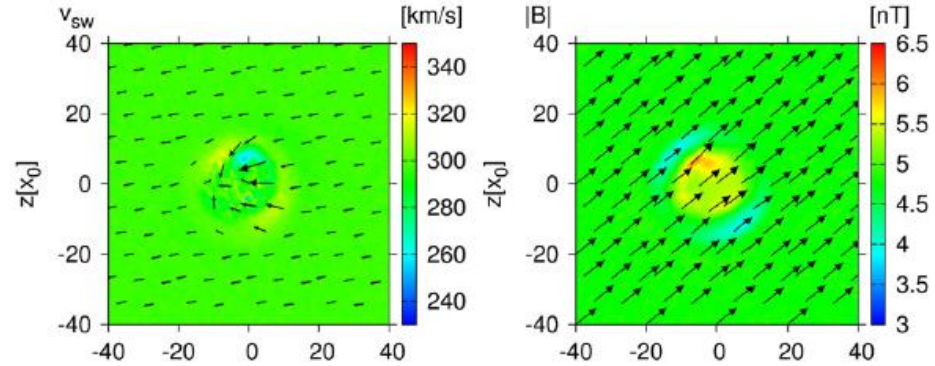
Παρατηρήσεις ARTEMIS

Ταχύτητα

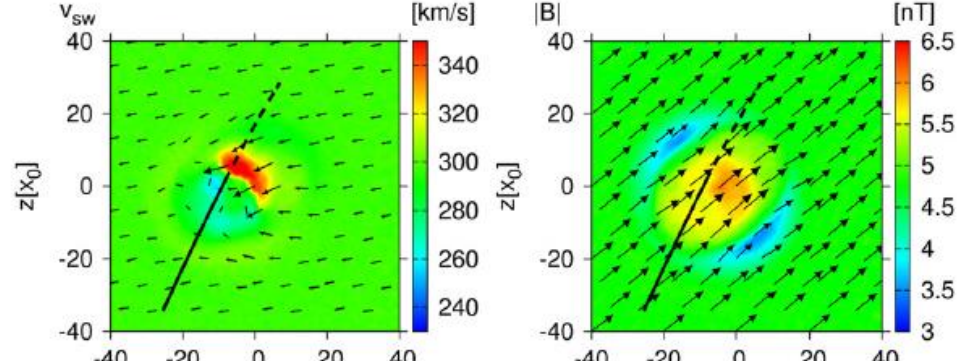
- Περιοχές αυξημένου/ μειωμένου μέτρου ταχύτητας . Οφείλεται στην κλίση του μαγνητικού πεδίου
- Κοντά στη Σελήνη: σχεδόν συμμετρικό γέμισμα (χαμηλό B)
- Μακριά από τη Σελήνη: ασύμμετρο γέμισμα που οφείλεται στην κλίση του μαγν. Πεδίου (μεγάλο B)



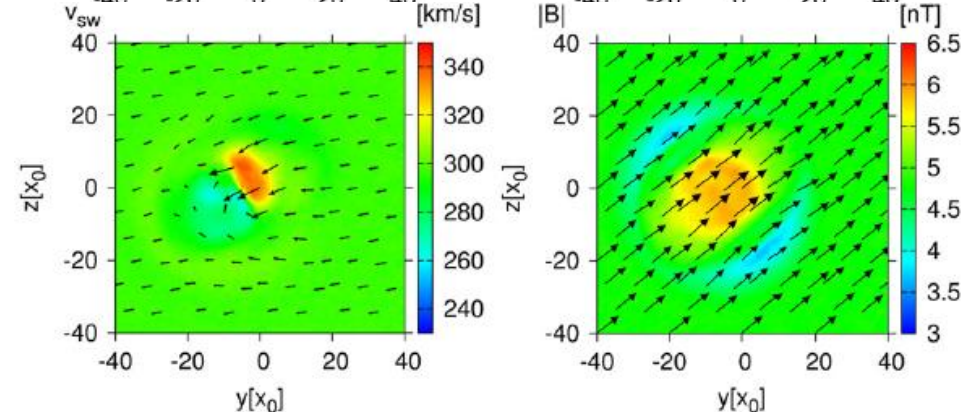
1.2 R_m



3.5 R_m



4.8 R_m



Ταχύτητα ΗΑ

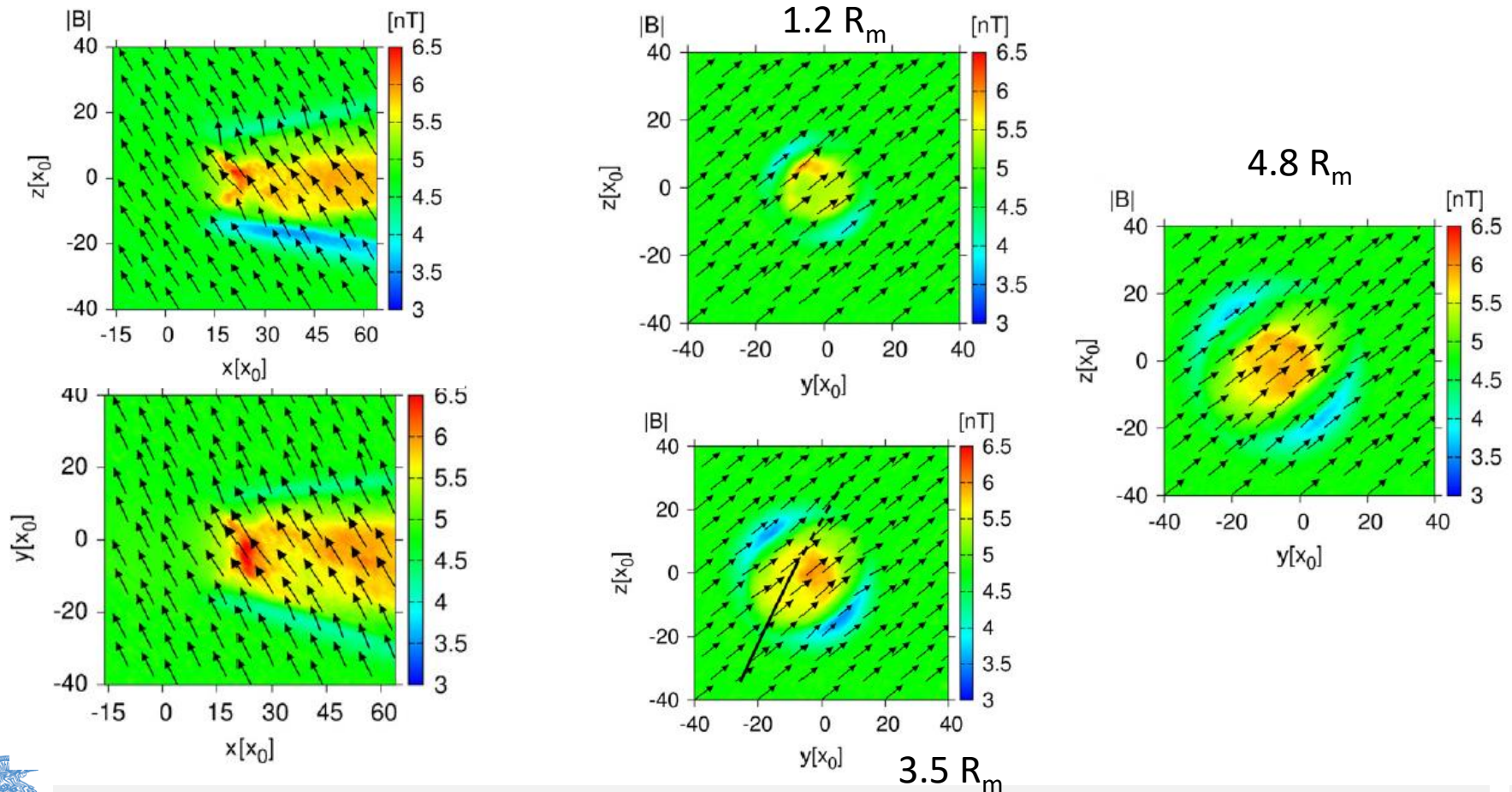
Μαγν. πεδίο



Παρατηρήσεις ARTEMIS

Μαγνητικό πεδίο

- Στο εσωτερικό του wake: αύξηση έως 30%
- Στα άκρα του wake: μείωση έως 10% (παρόμοιο προφίλ με το κύμα αραιώσης). Η μείωση οφείλεται στα διαμαγνητικά ρεύματα



Παρατηρήσεις ARTEMIS

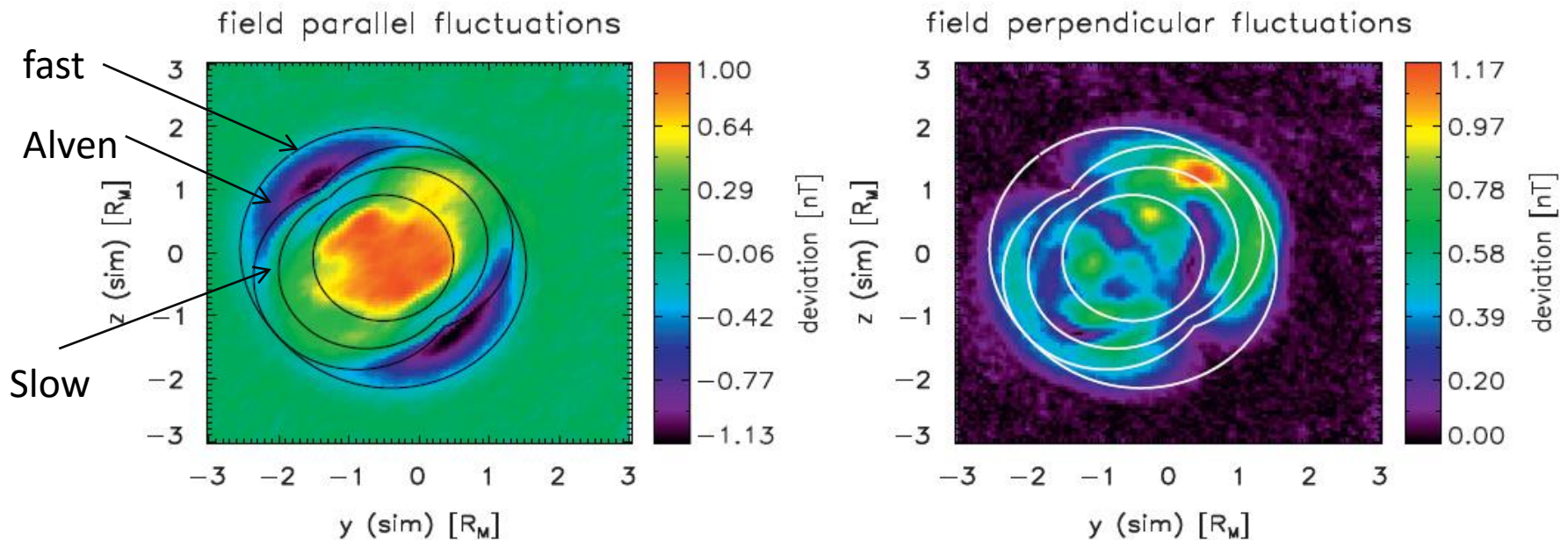
Κύματα MHD

Γρήγορα: εκτείνονται προς κάθε κατεύθυνση, το B συσχετίζεται με την πυκνότητα

Αργά : διαδίδονται κυρίως παράλληλα στο B . Το B αντισυσχετίζεται με το n

Alven: διαδίδονται κυρίως παράλληλα στο B . Δεν προκαλεί συμπίεσεις στο B .

Εφαρμόζοντας την αρχή του Huygens για σημειακές πηγές των τριών κυμάτων στην επιφάνεια της Σελήνης, δομές στο μαγνητικό πεδίο και στην πυκνότητα συμπίπτουν με τις επιδράσεις των αντίστοιχων κυμάτων



Παρατηρήσεις ARTEMIS

Πληθυσμοί σωματιδίων

1. Ιόντα: παρατηρείται διάτρηση του wake και από τις δύο κατευθύνσεις κατά μήκος των μαγνητικών γραμμών . Φθίνει η πυκνότητά τους, και ένα μέρος ανακλάται

1. Πρώτη φορά παρατηρήθηκαν σωματάρια άλφα

2. Ηλεκτρόνια: φθίνει η πυκνότητά τους, και ένα μέρος ανακλάται.

1. Ασυμμετρία στο γέμισμα στους πληθυσμούς των ηλεκτρονίων (?)

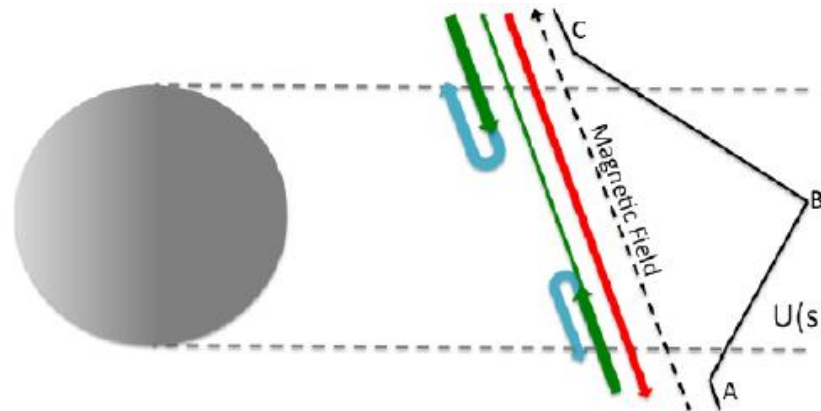
2. Πρώτη φορά μέτρηση δέσμης e από ανάκλαση στην είσοδο και στην έξοδο του wake (core/halo συνιστώσες)

3. Διαπερνά το wake η strahl συνιστώσα

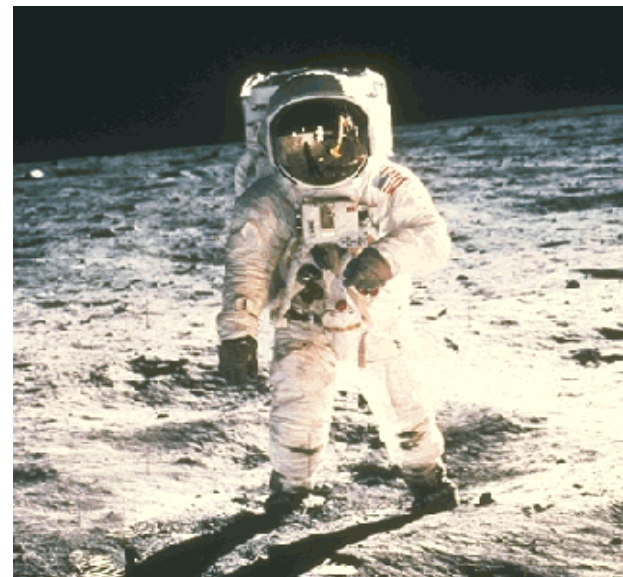
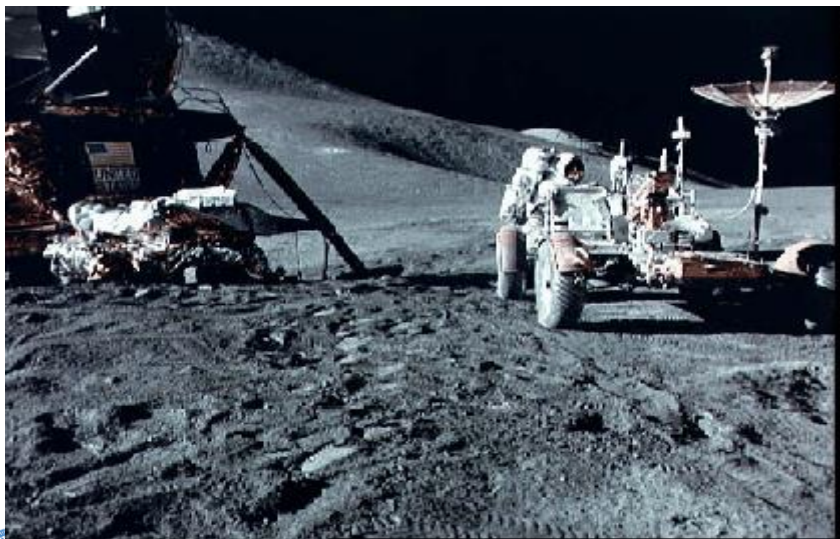
Παρατηρήθηκαν ηλεκτροστατικές διακυμάνσεις στα σημεία εξόδου του wake.

Χρειάζονται πολλά περάσματα και των δύο ARTEMIS για την καταγραφή των πληθυσμών των σωματιδίων και για τον διαχωρισμό χωρικών και χρονικών φαινομένων

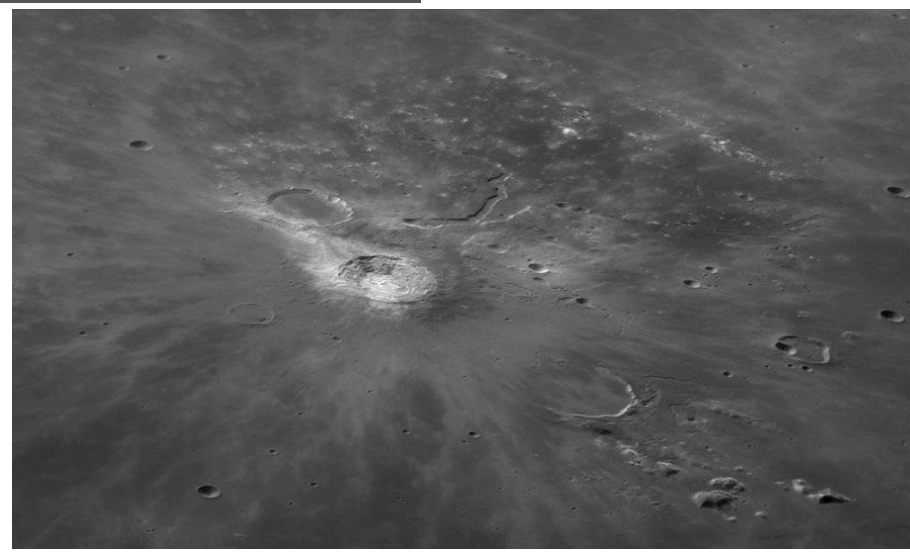
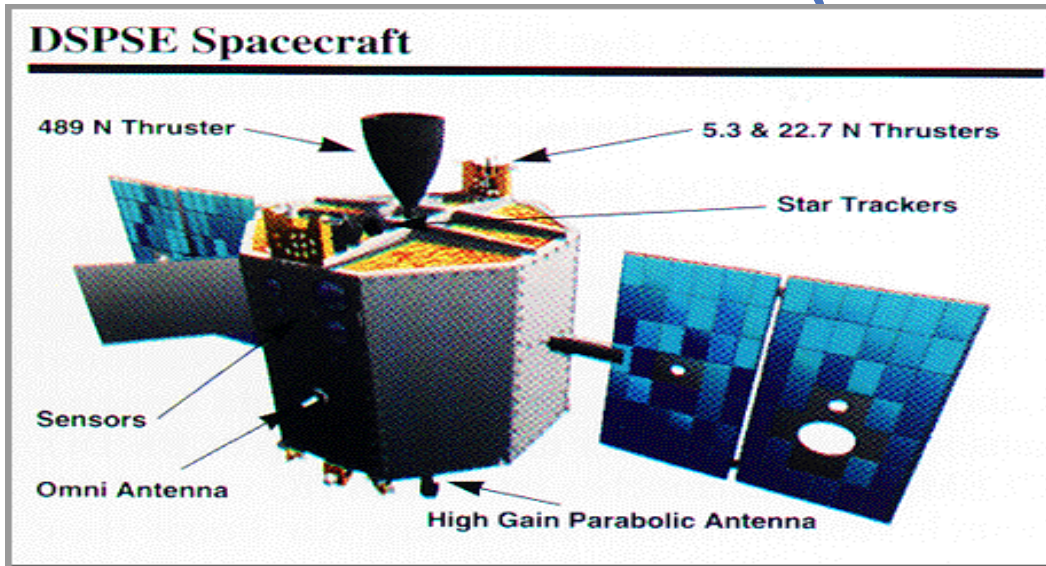
Οι ανακλάσεις και το «φιλτράρισμα» i και e οφείλεται στο ηλ. Πεδίο που δημιουργείται κατά το γέμισμα του lunar wake



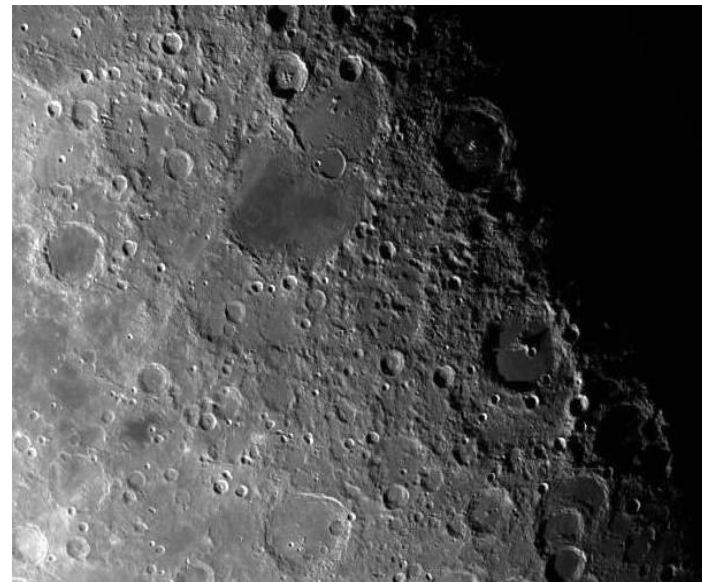
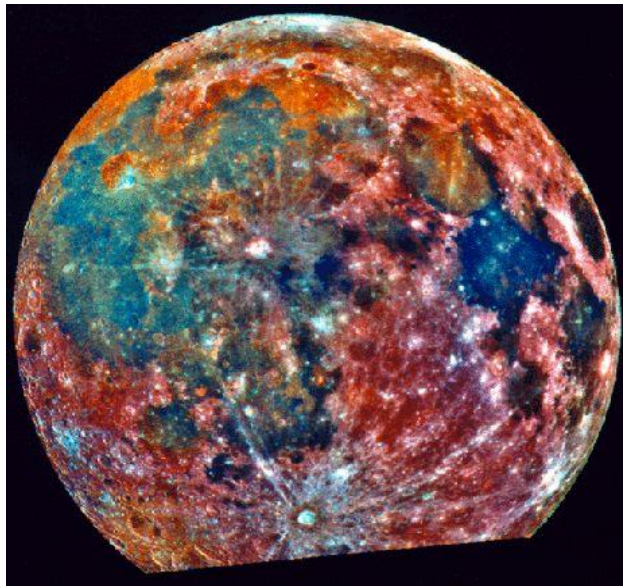
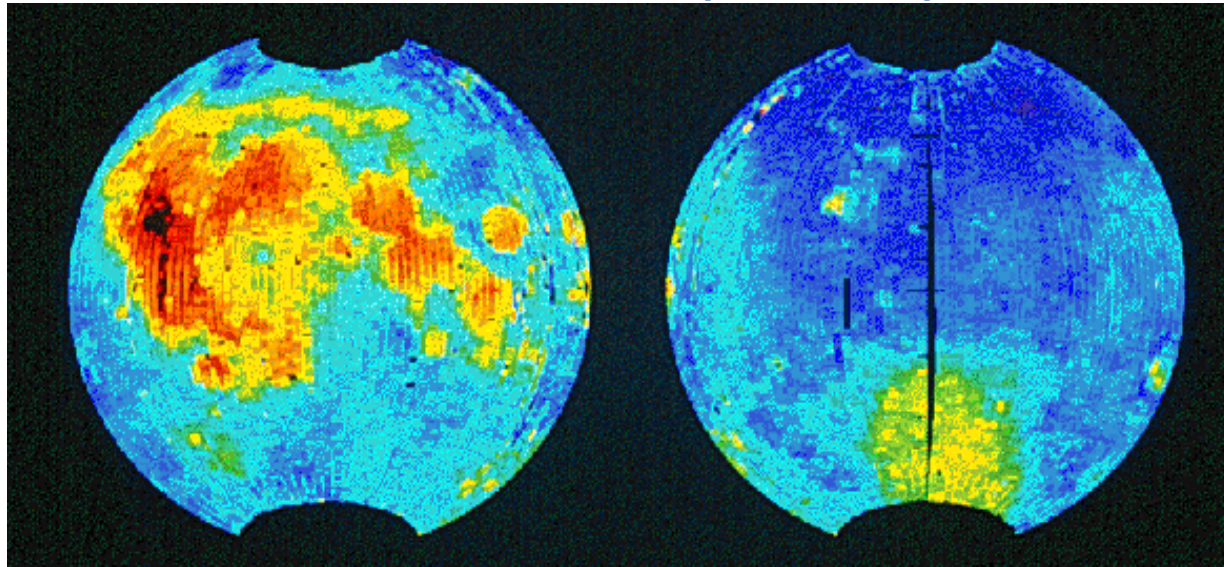
Σχήμα: Halekas et al 2010)



CLEMENTINE (1994)

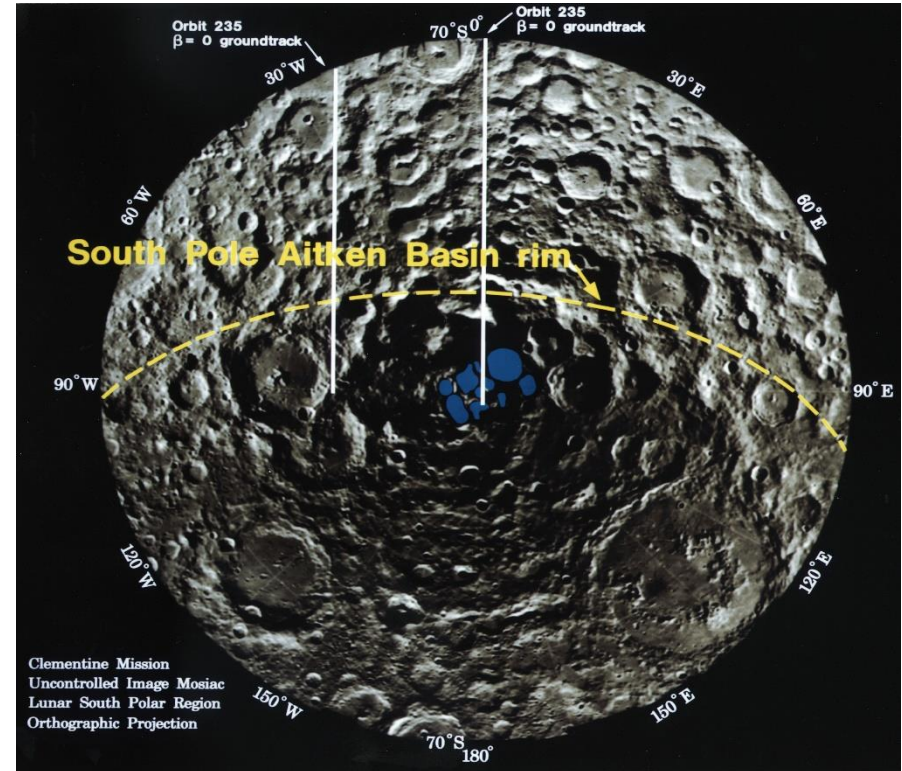
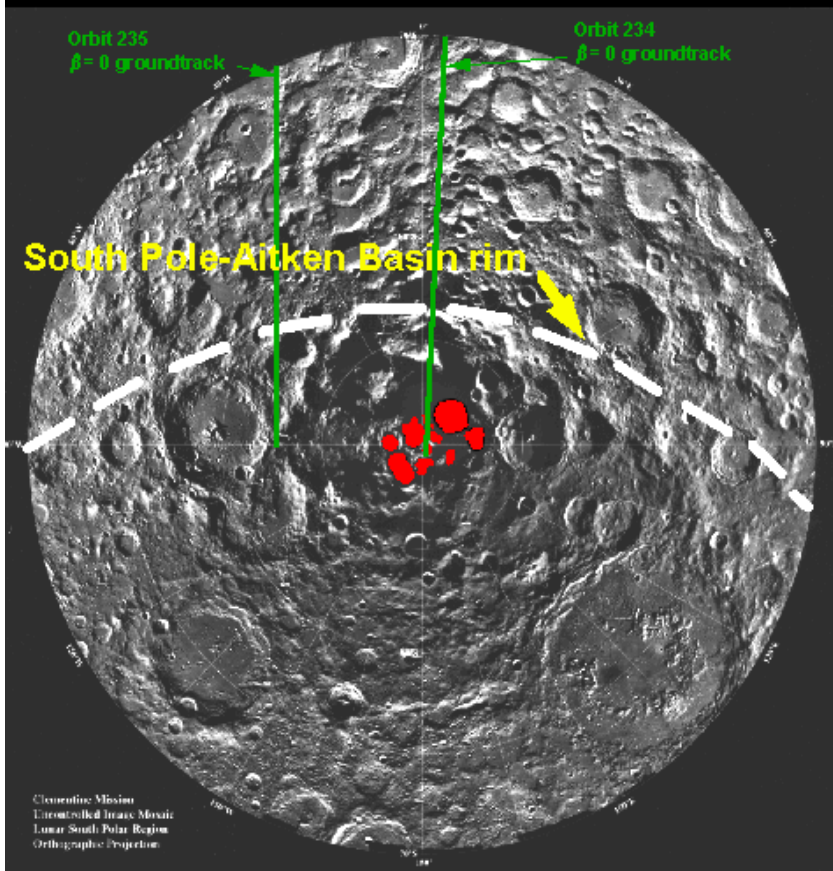


CLEMENTINE (IRON)

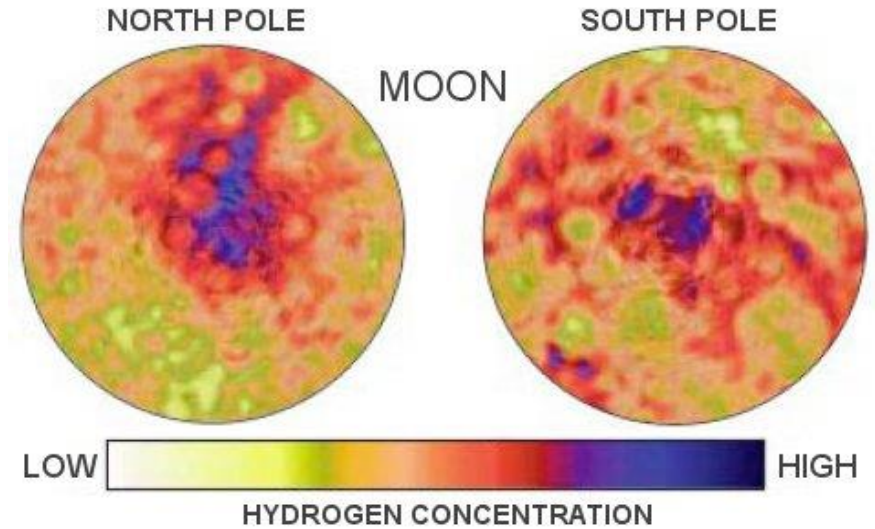
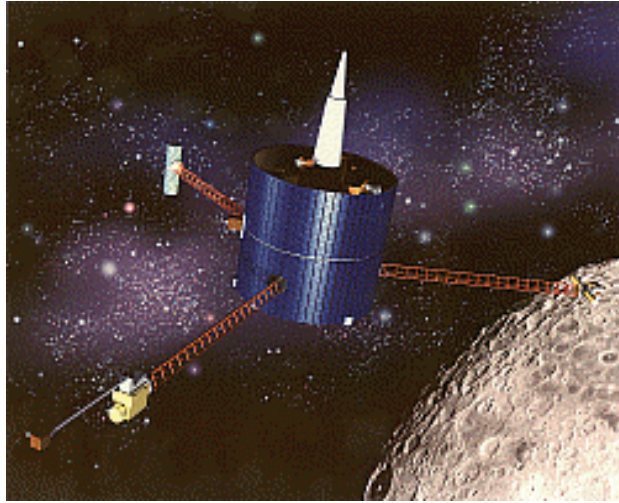


CLEMENTINE

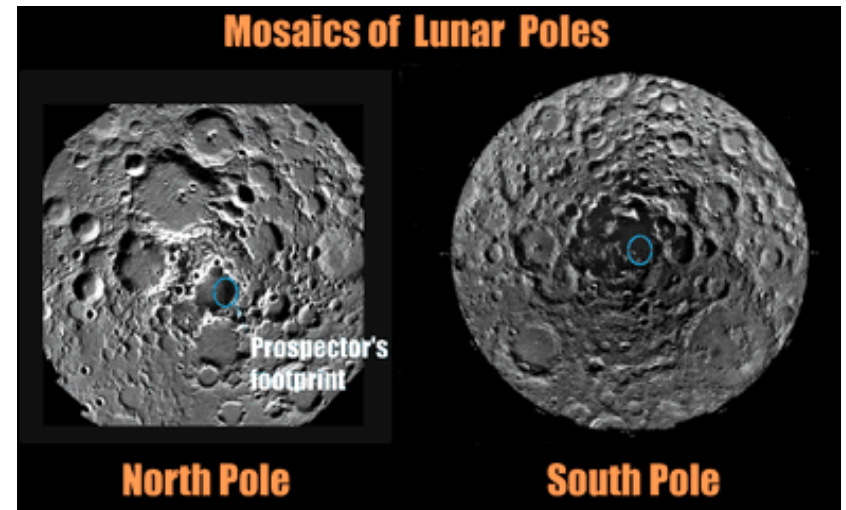
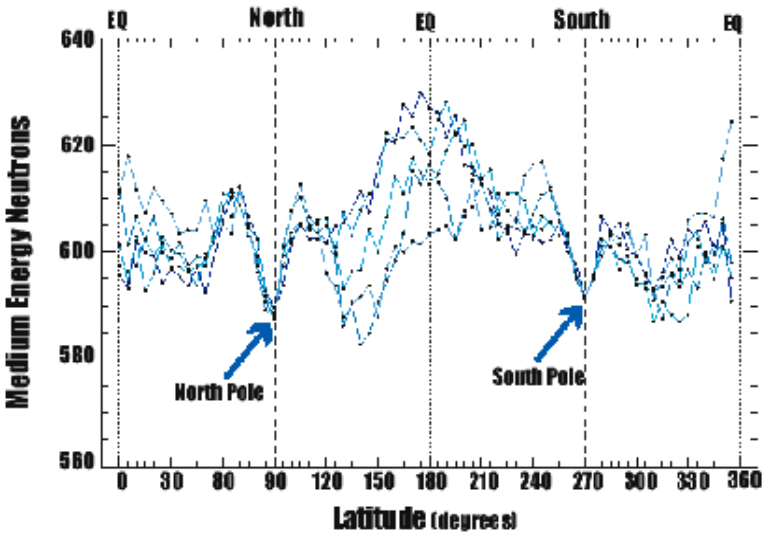
Clementine Map of the South Polar Region of the Moon



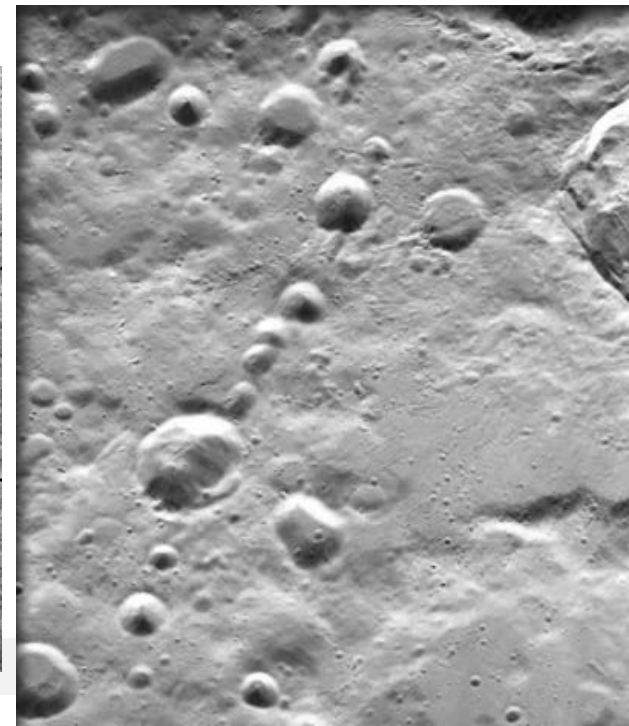
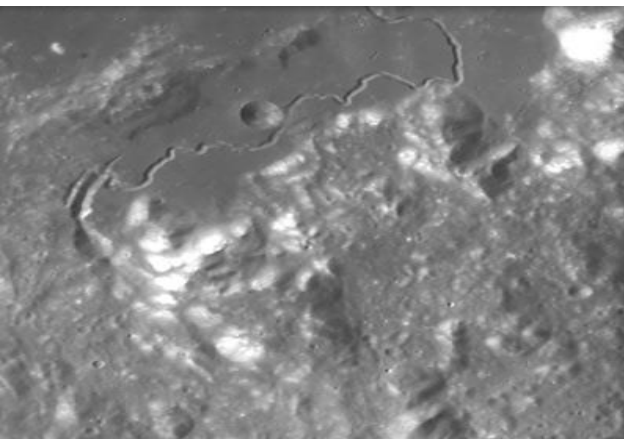
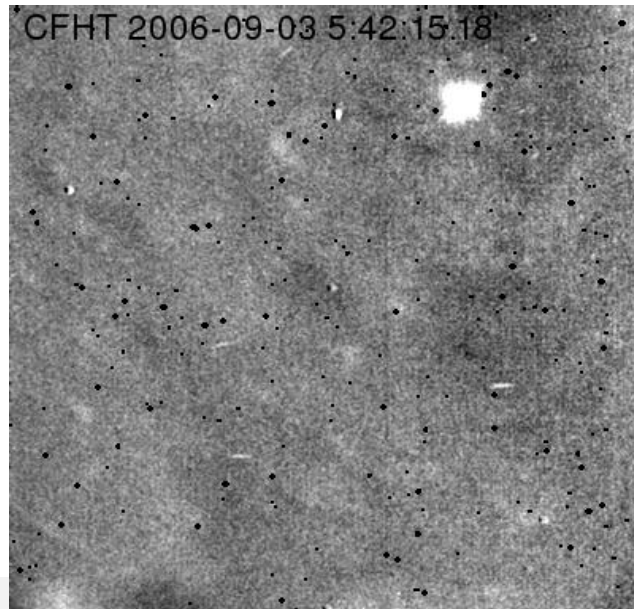
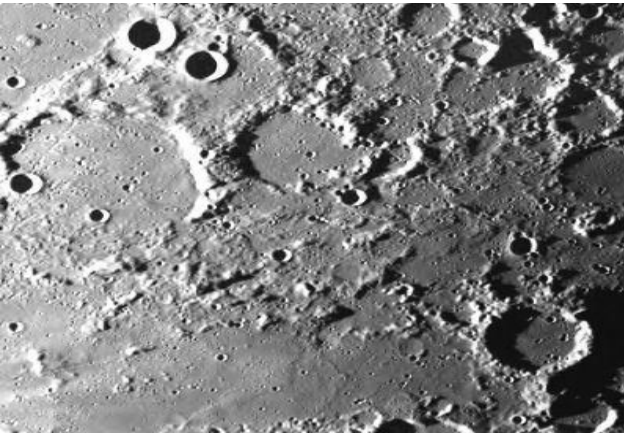
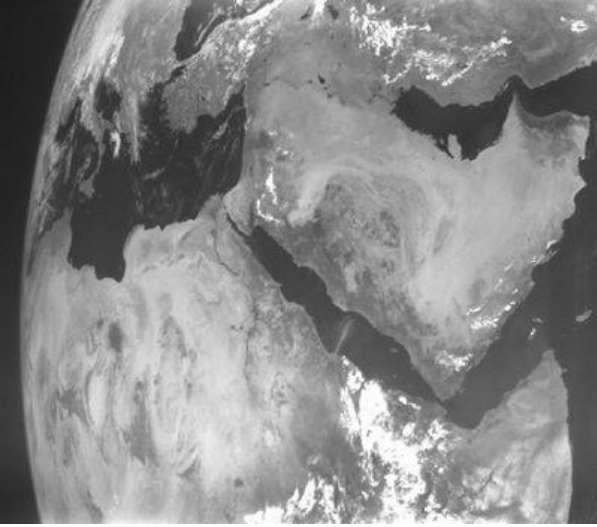
Lunar prospector (1998)



Water Ice Signature

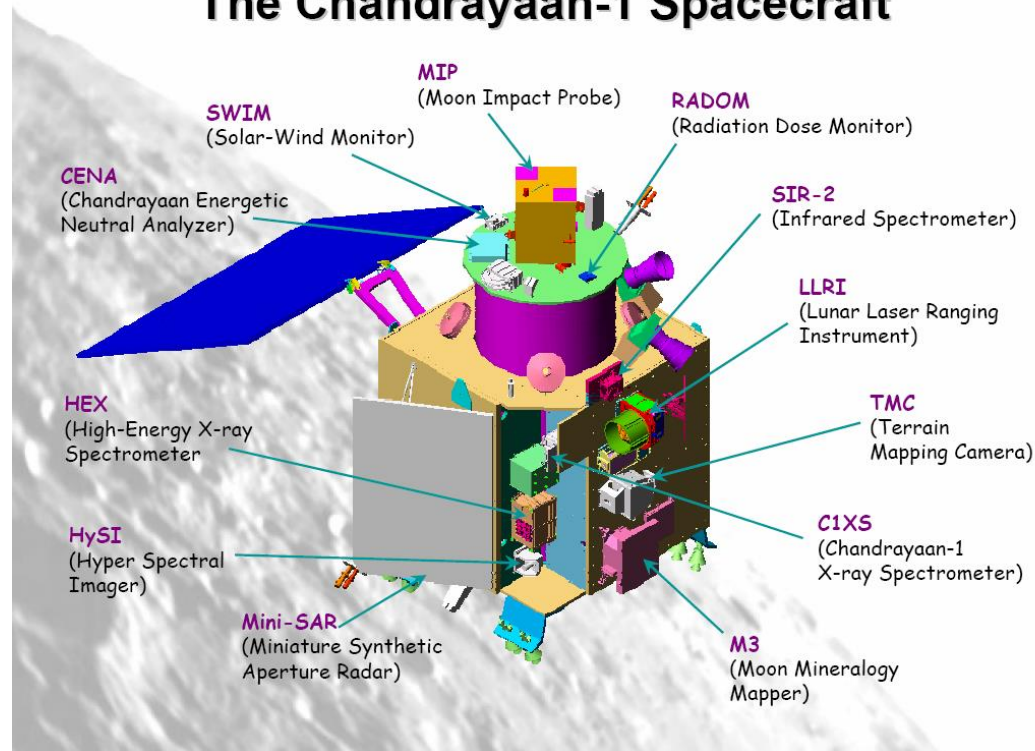


Smart 1/ESA



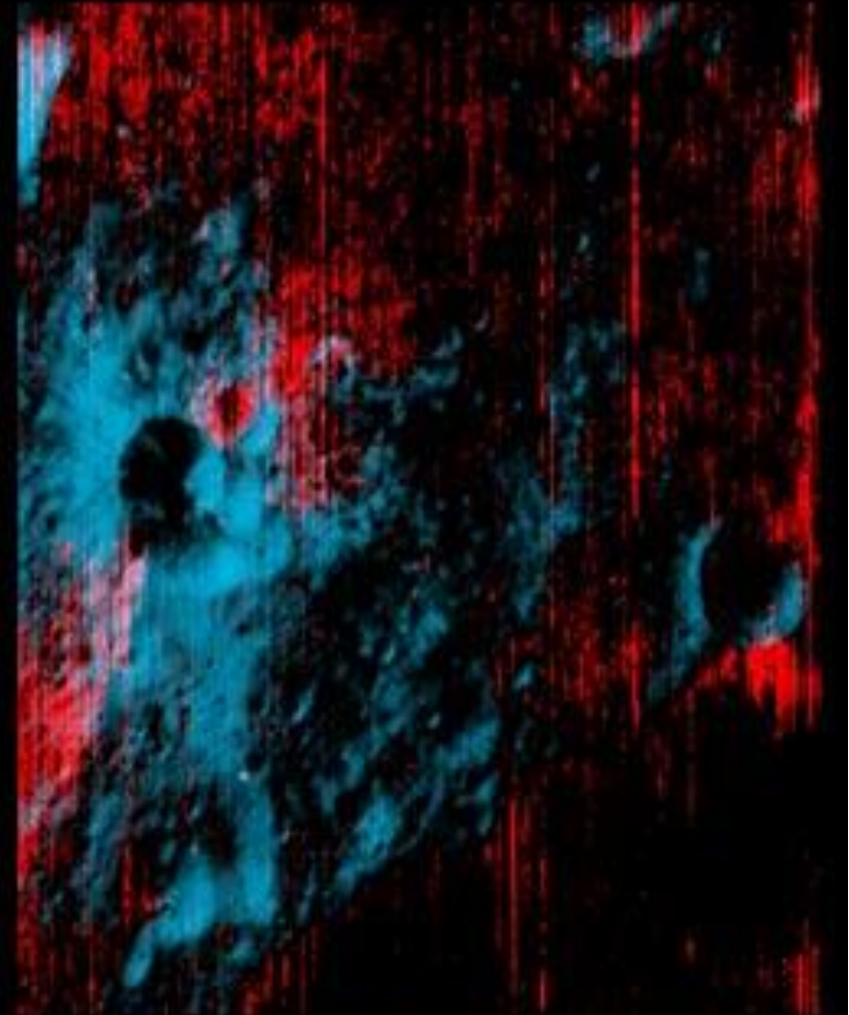
CHANDRAYAAN-1

The Chandrayaan-1 Spacecraft





Infrared Reflectance

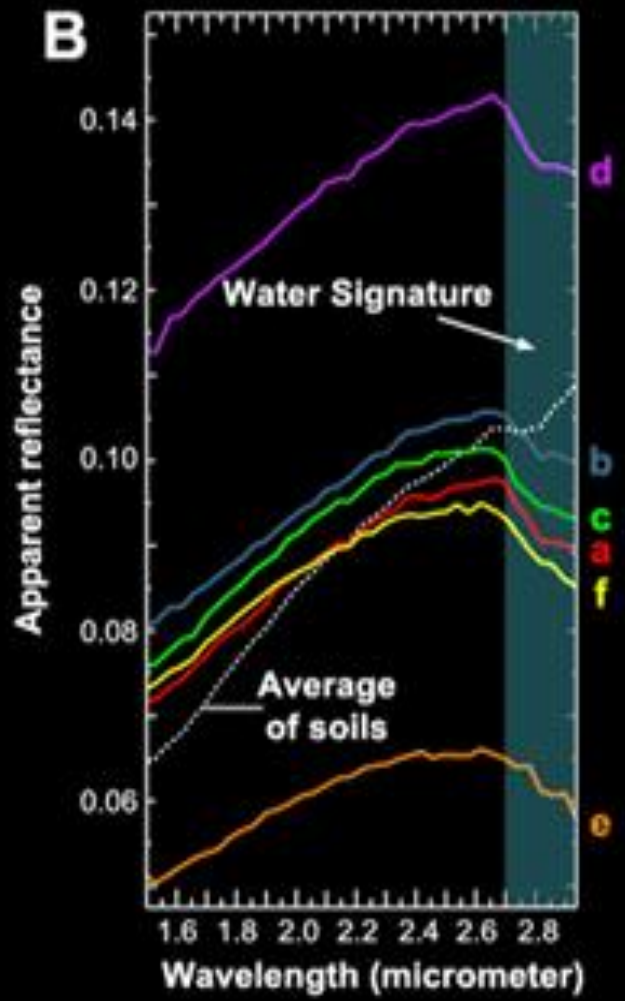
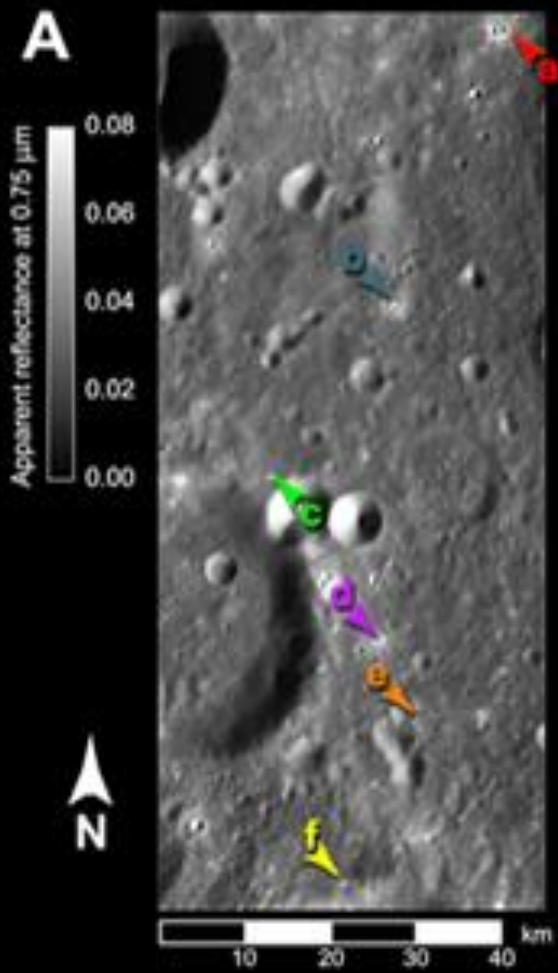


Blue = water absorption strength

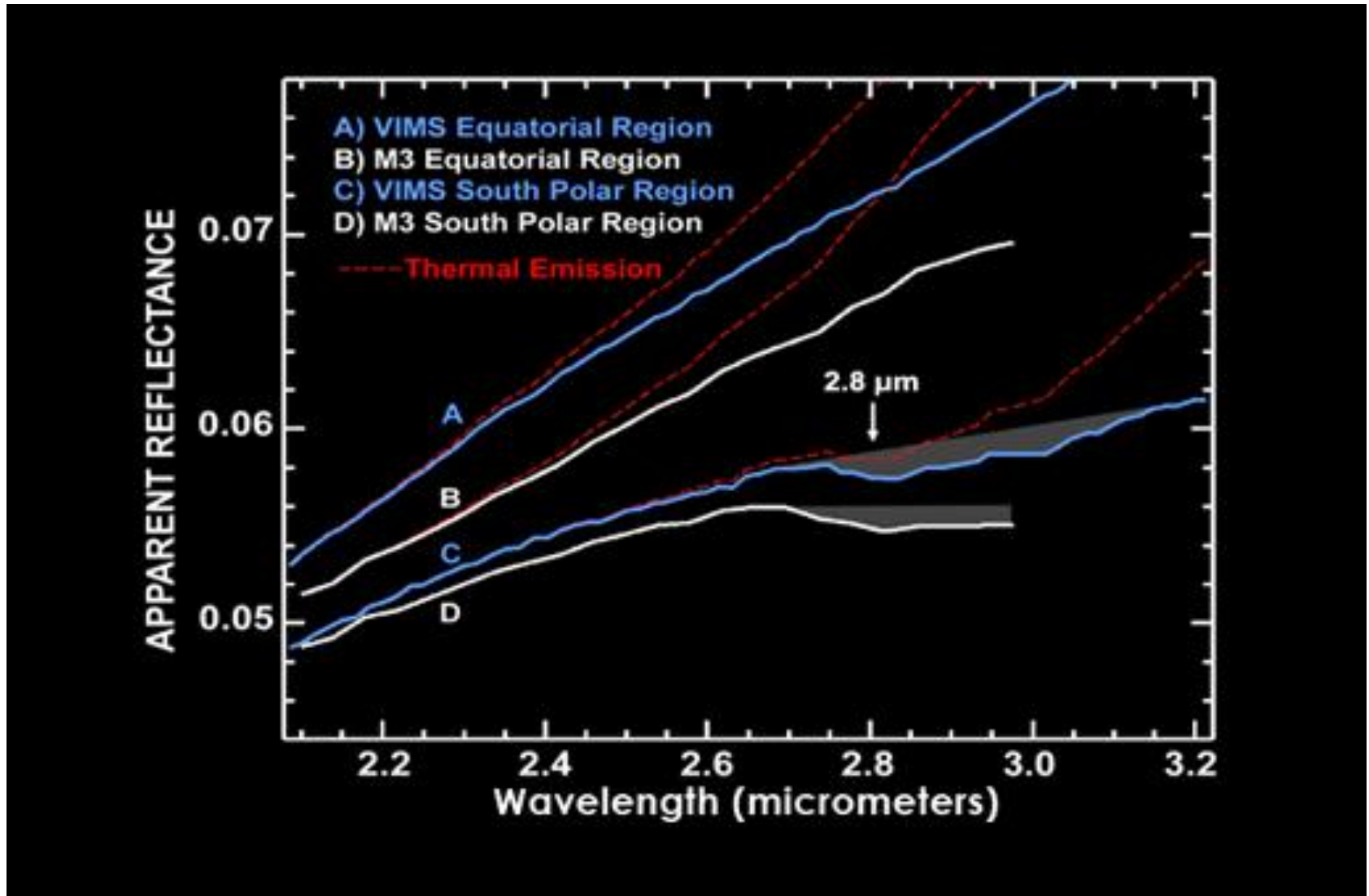
Red = Hydroxyl absorption

Chandrayaan-1 Moon Mineralogy Mapper

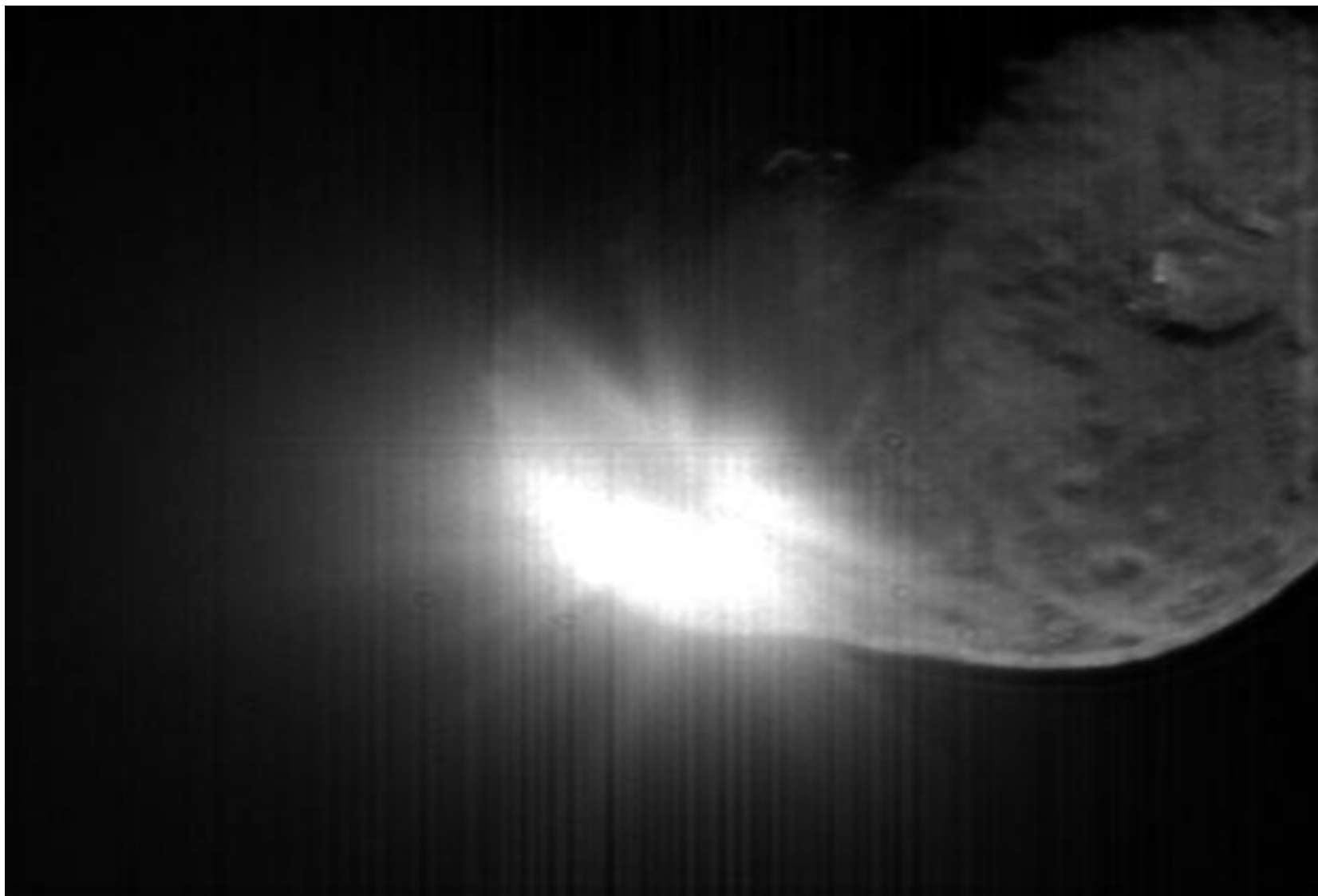




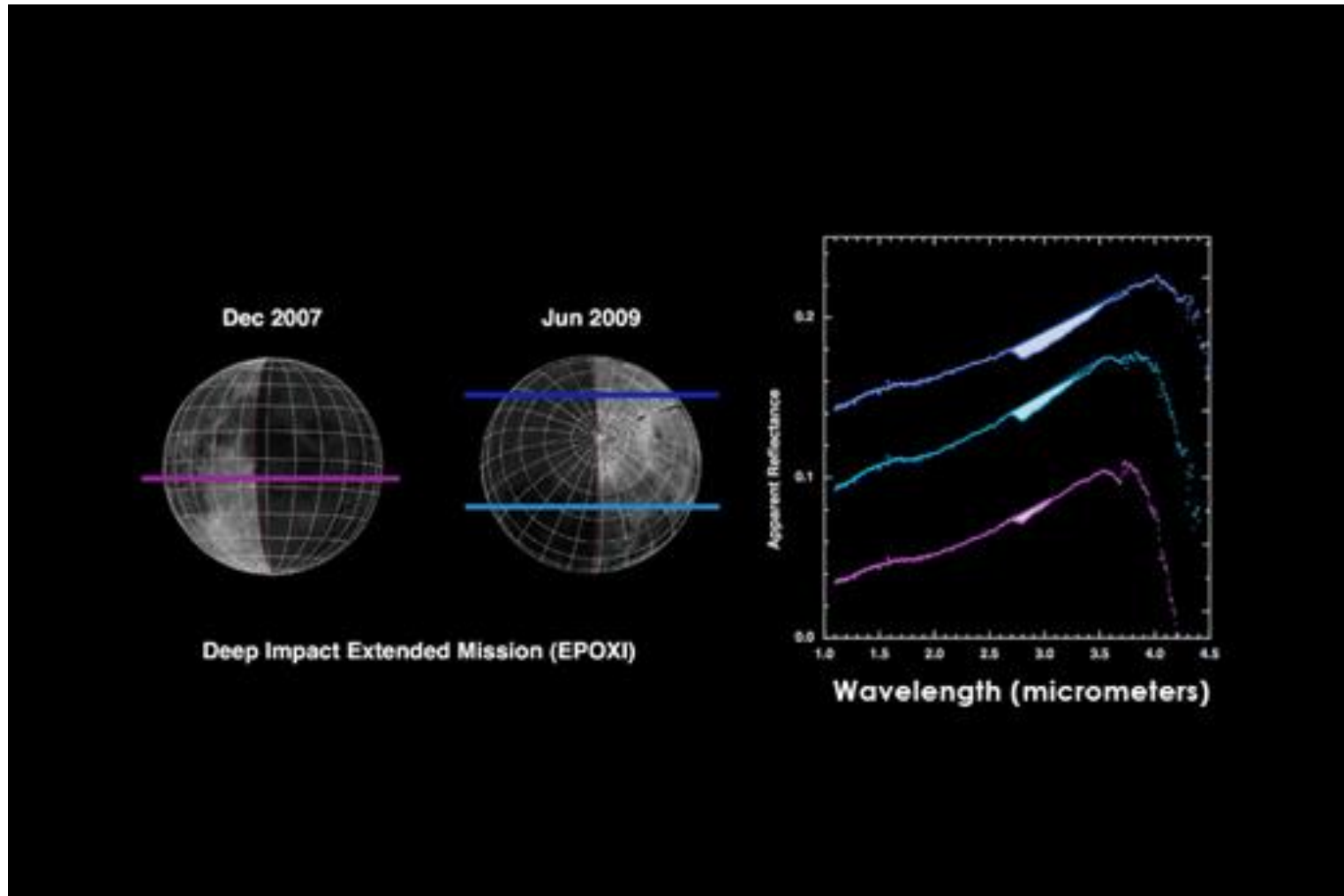
CASSINI AND CHANDRAYIAAN-1

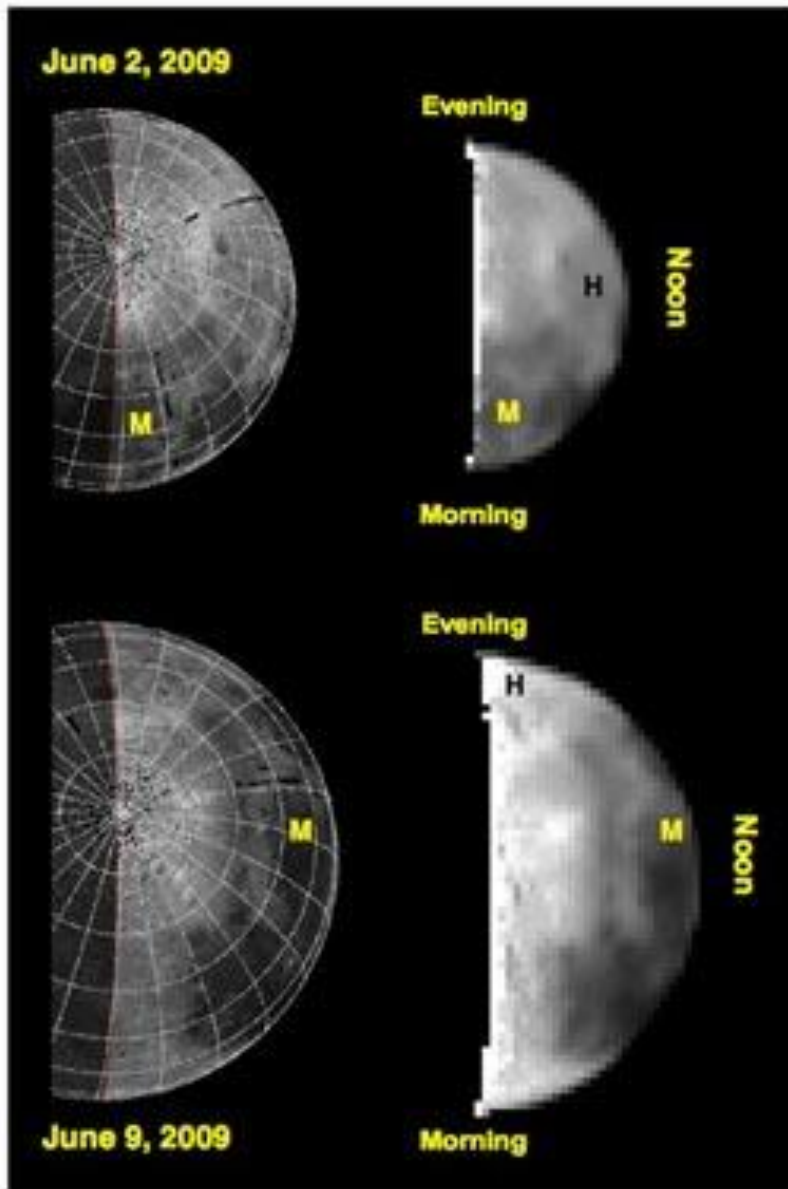


DEEP IMPACT

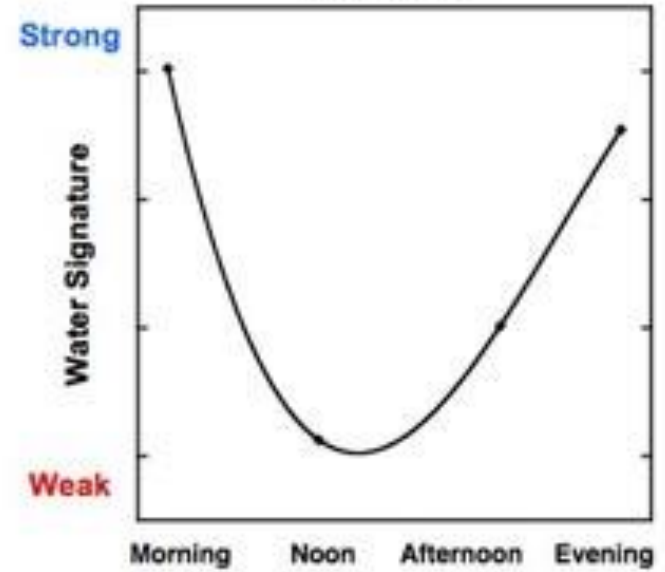
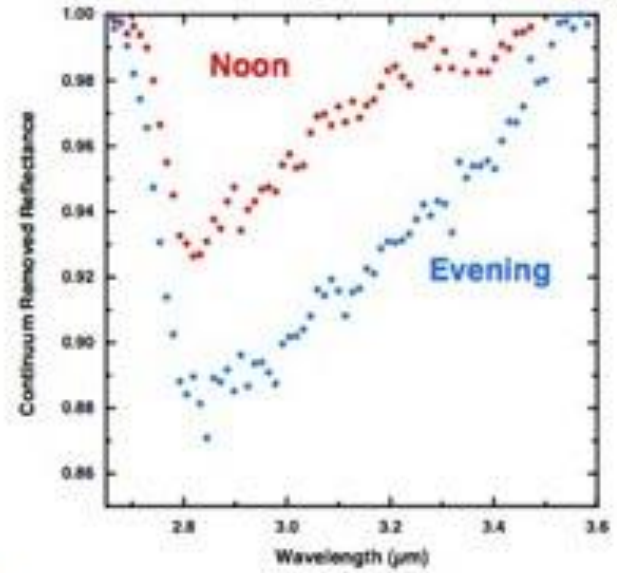


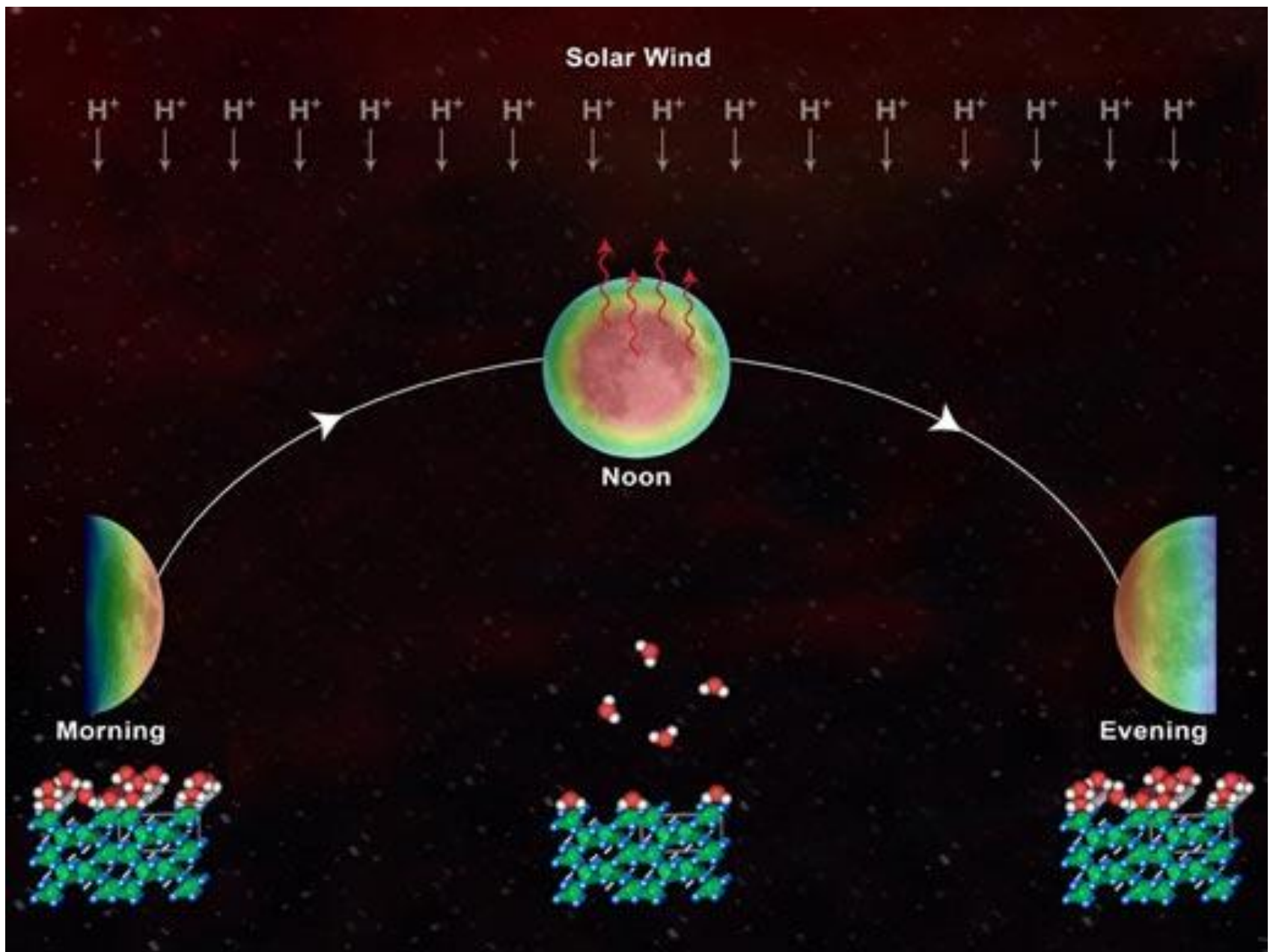
DEEP IMPACT-EPOXI

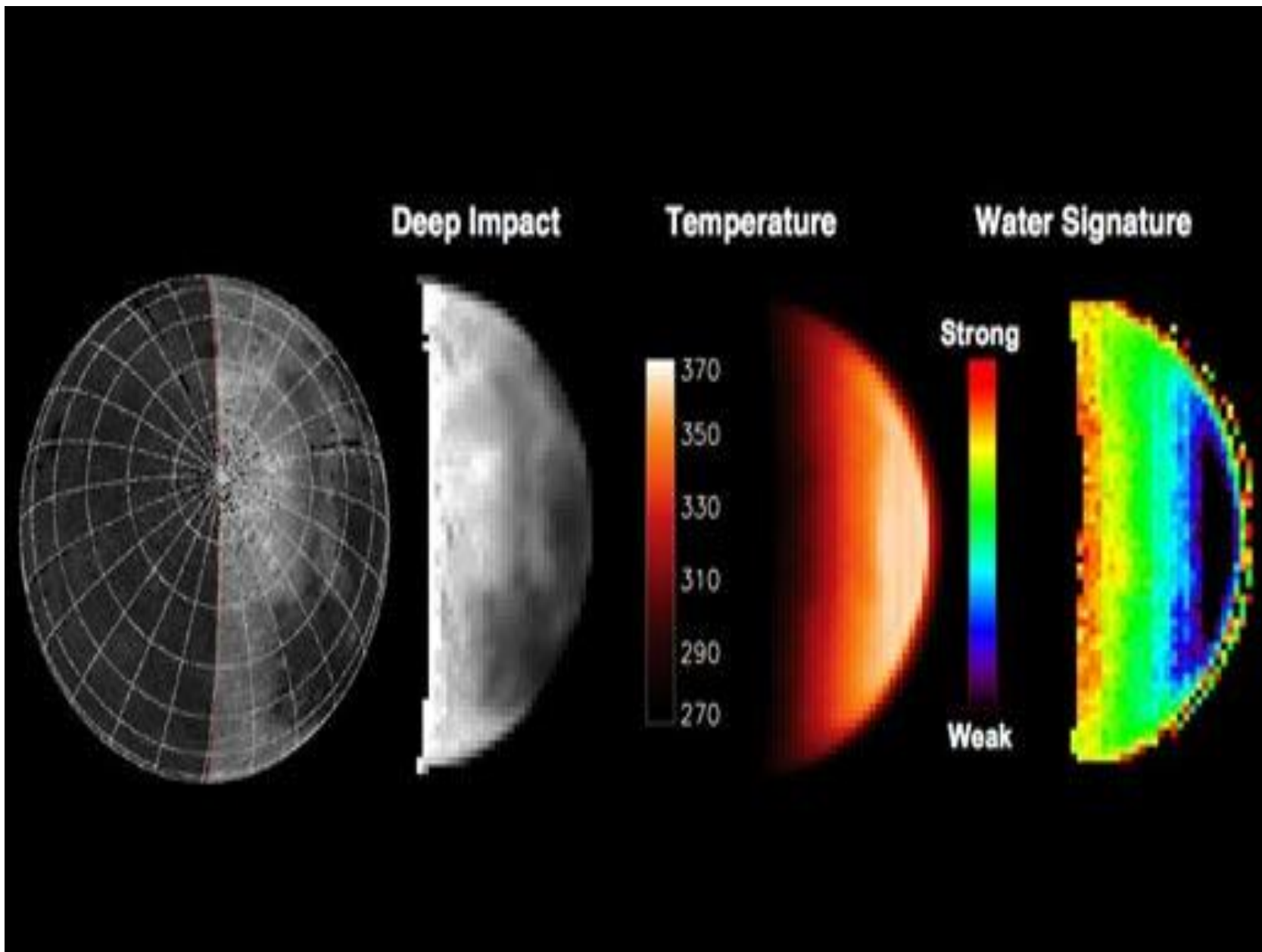




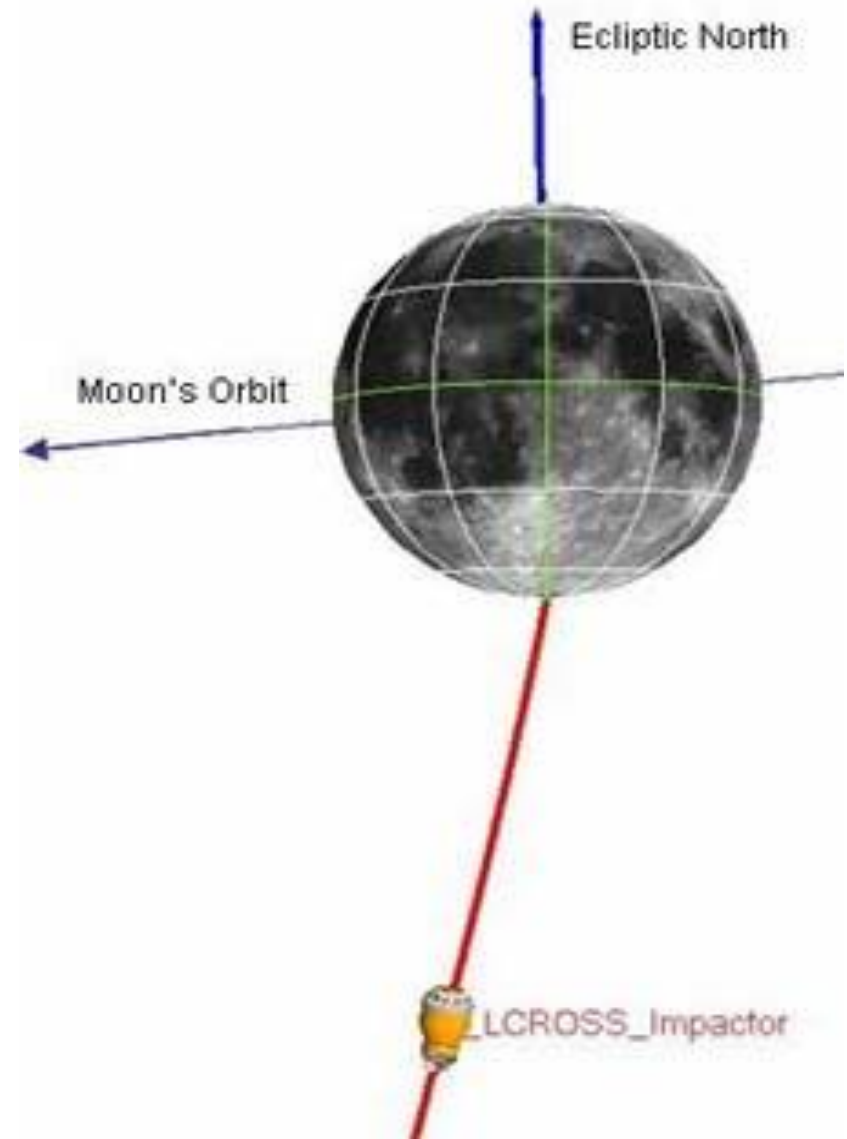
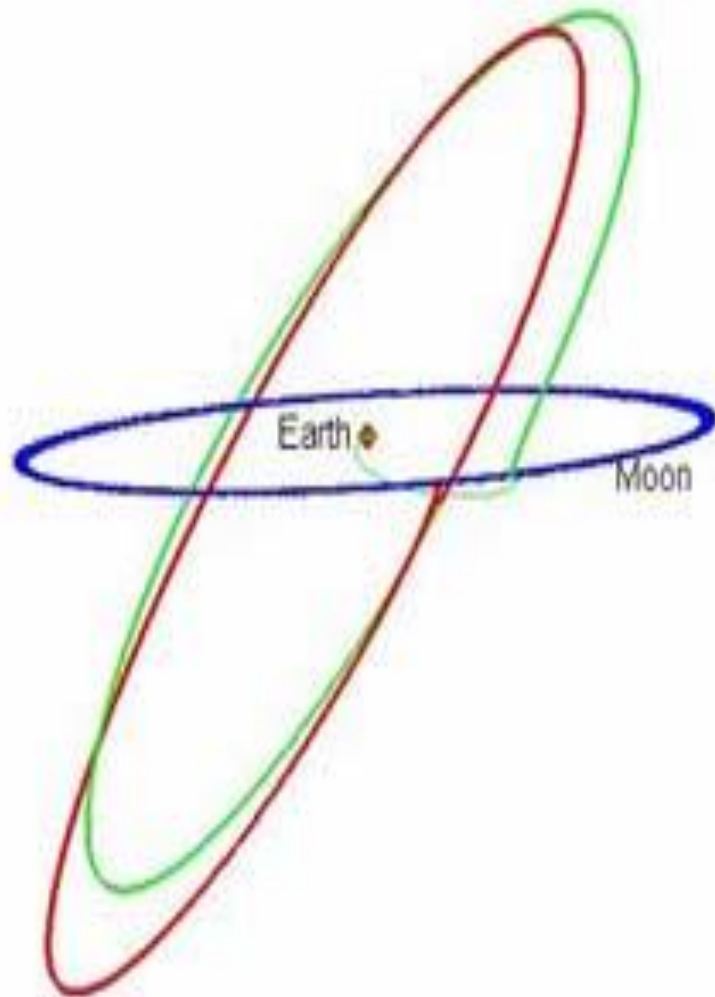
Abundance Changes with Time of Day

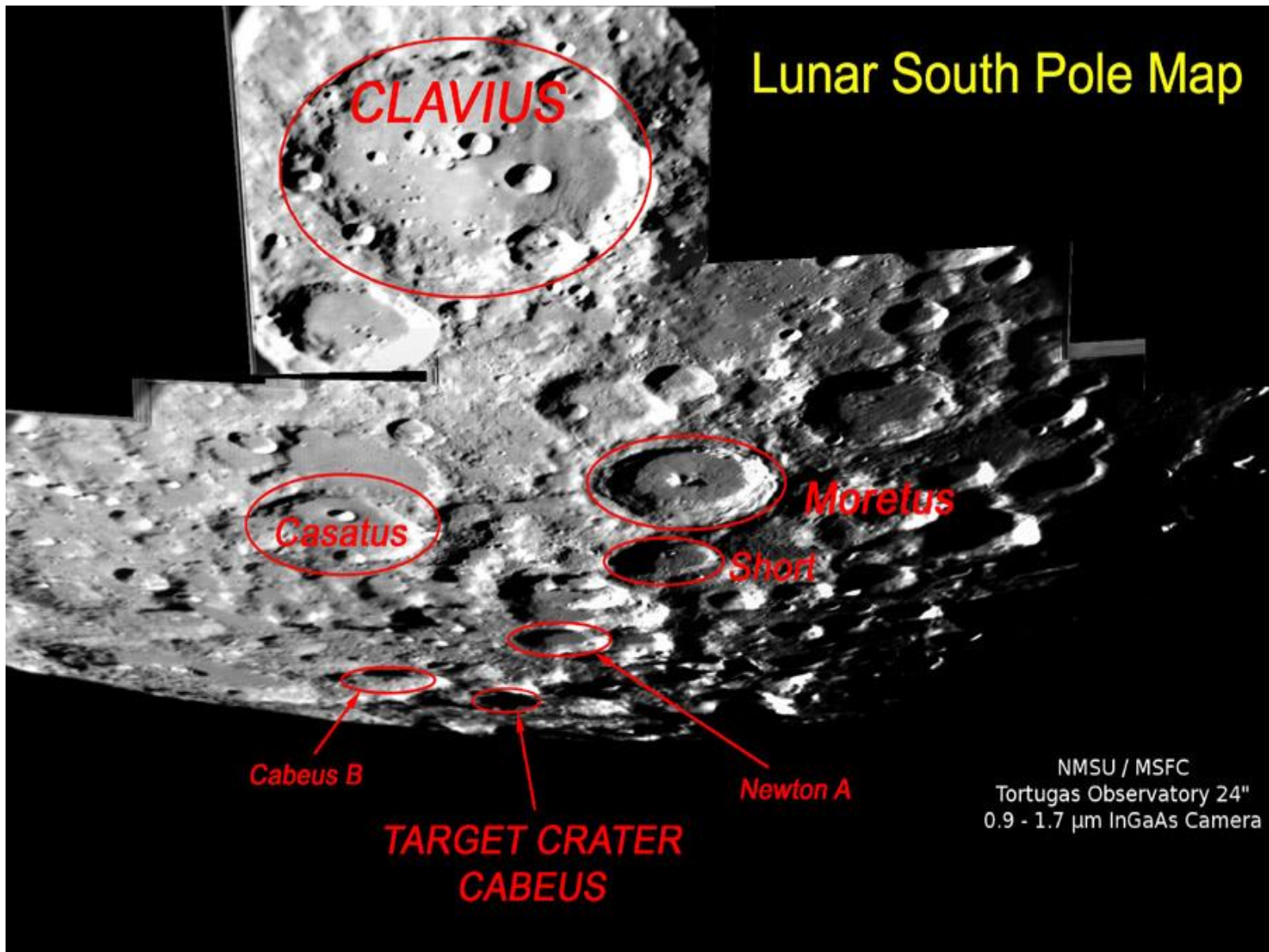


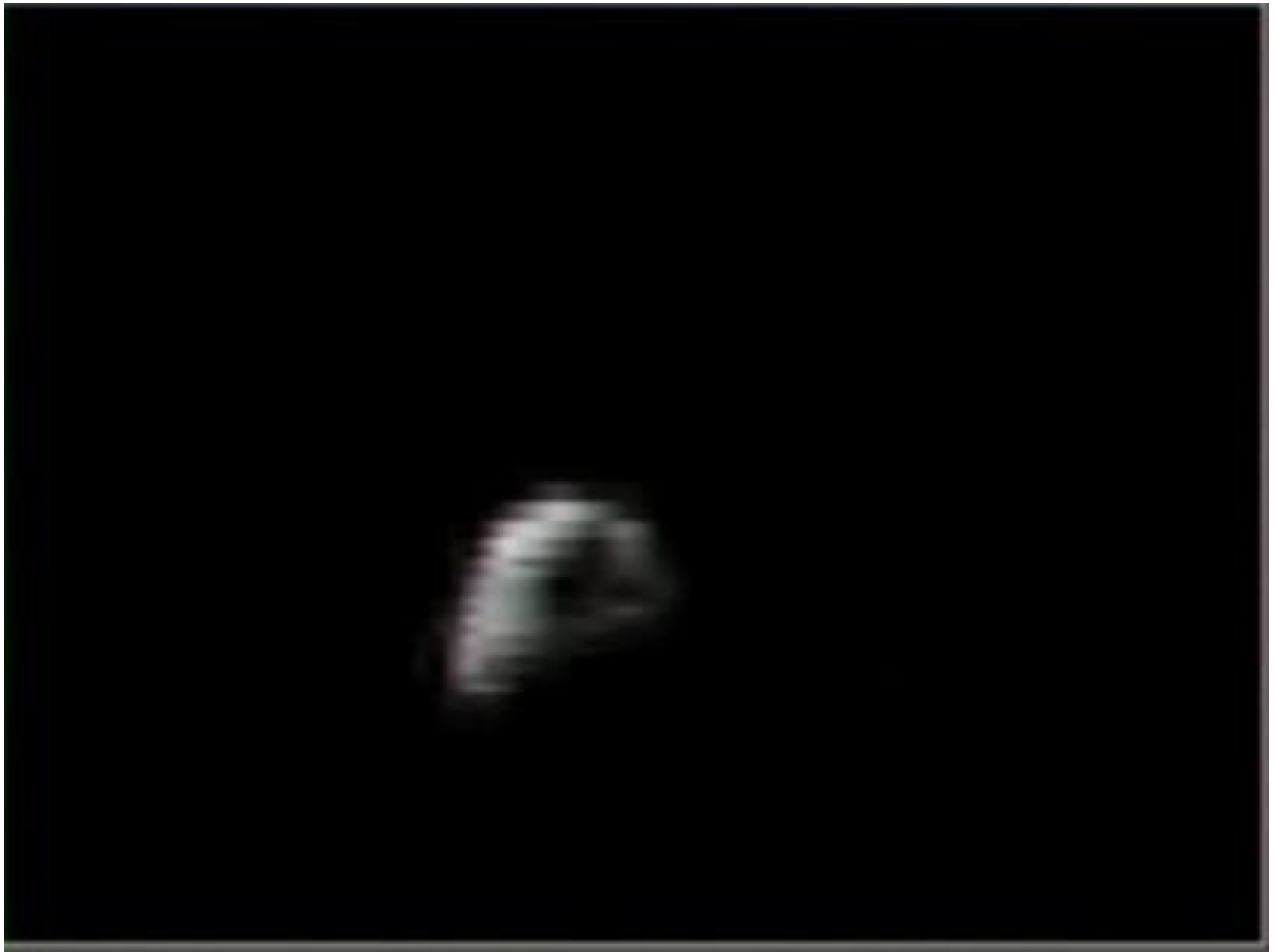


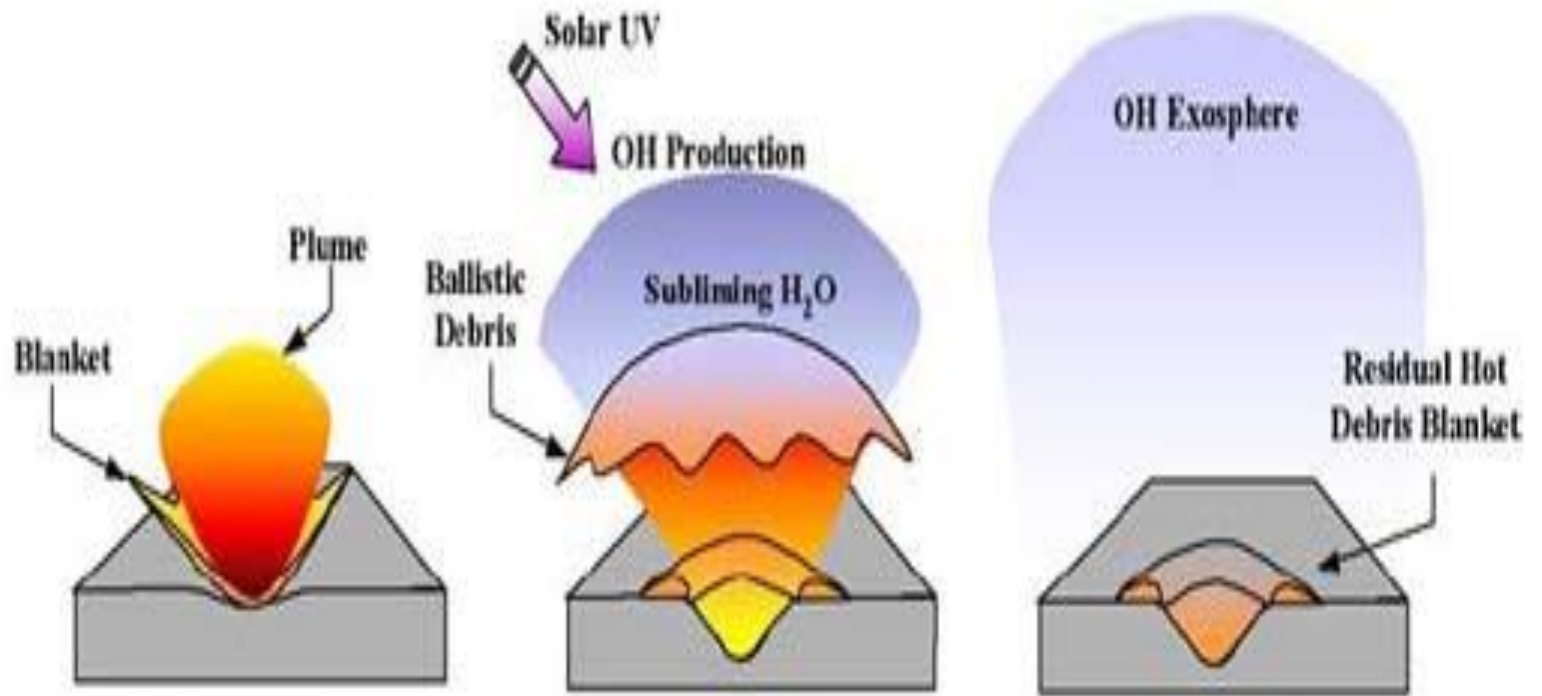


LCROSS Orbit – Side View









Time Scale: ~1 min

~10 min

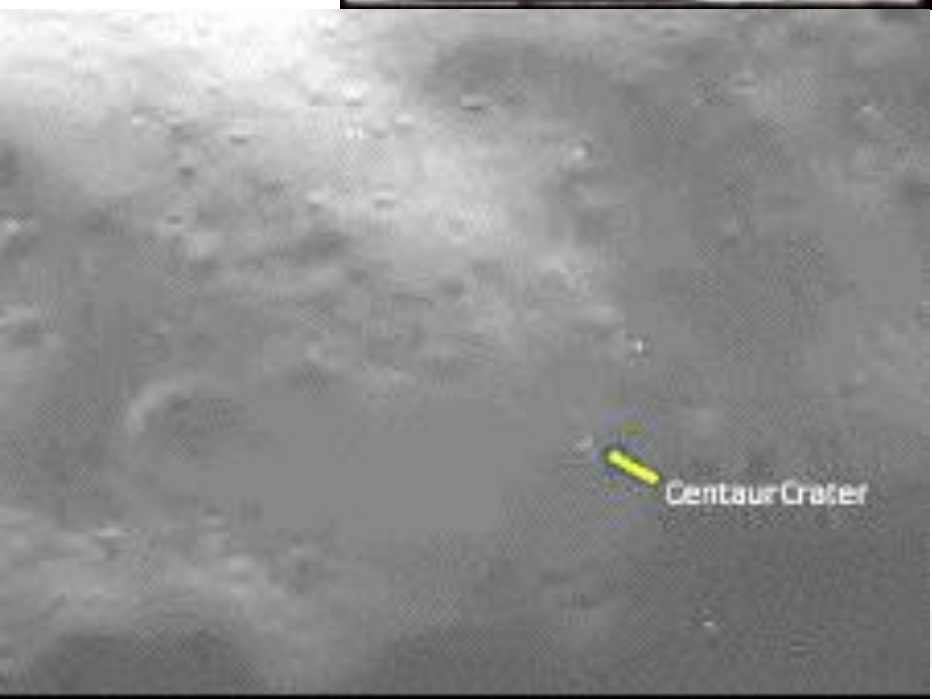
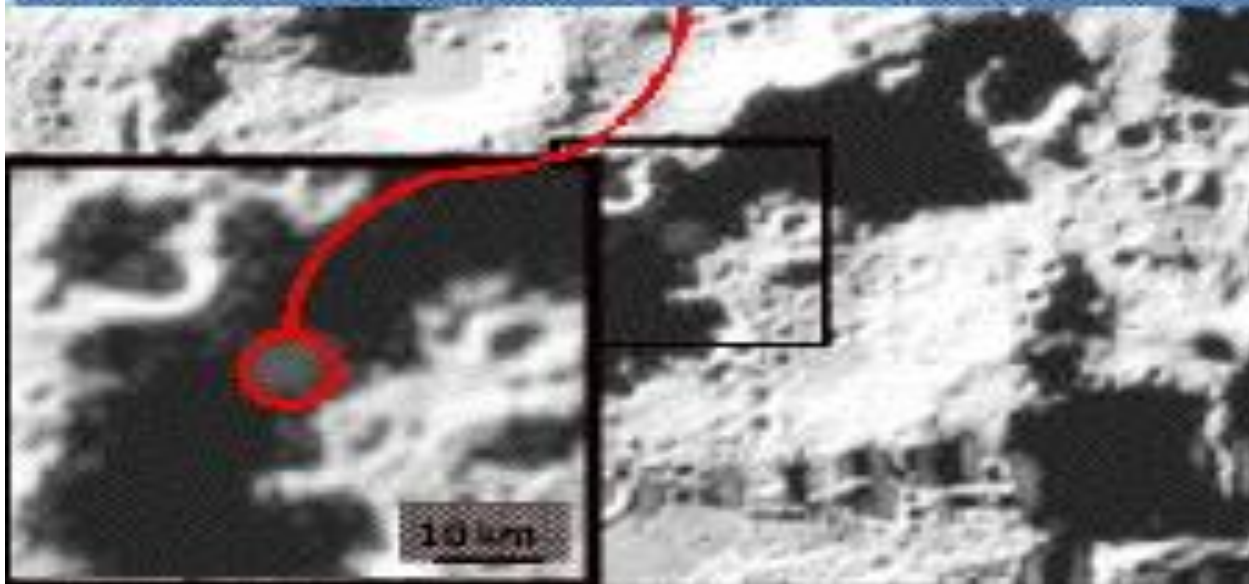
~1 hour

Spatial Scale: ~10 m

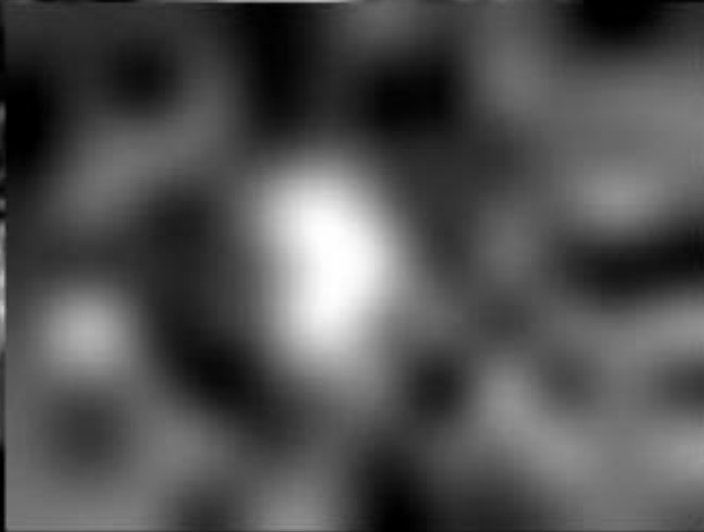
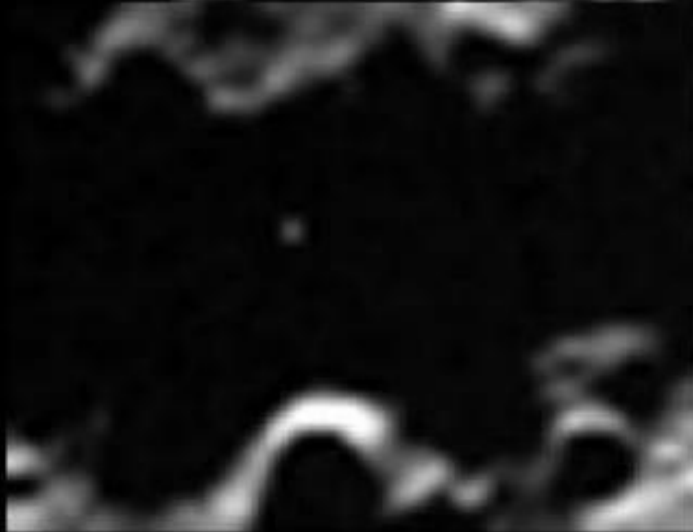
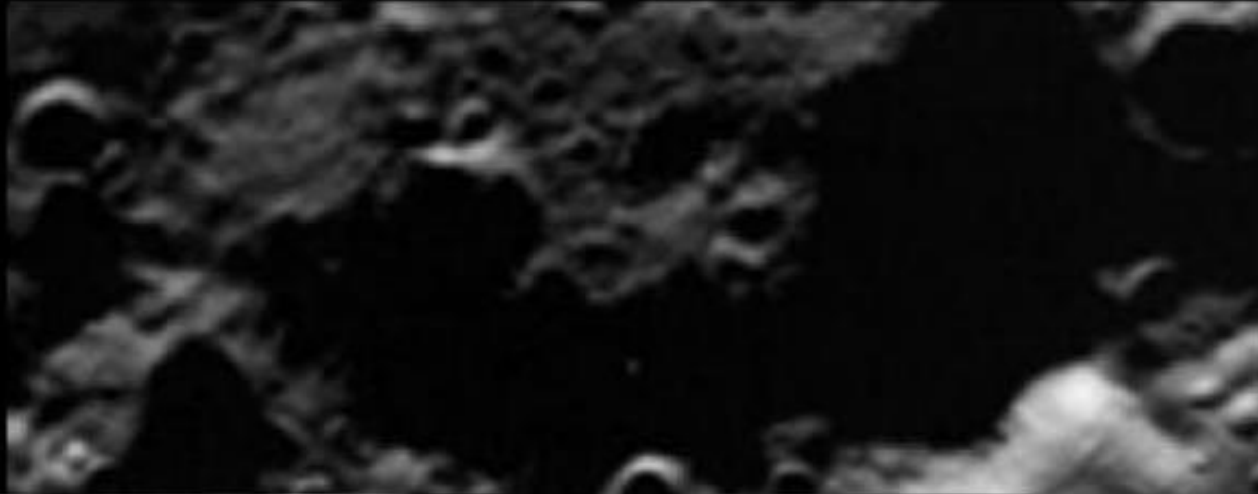
~10 km

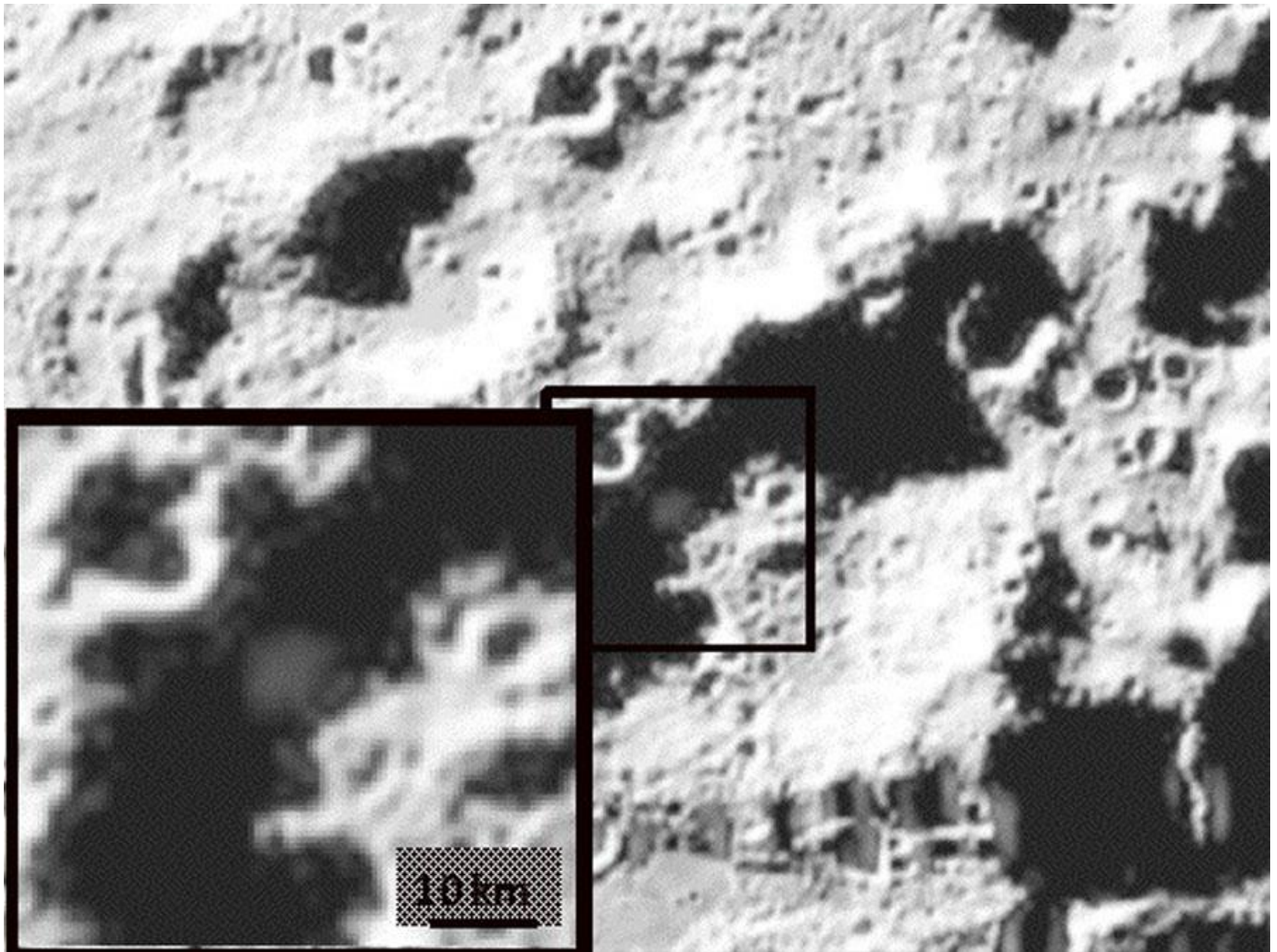
~100 km

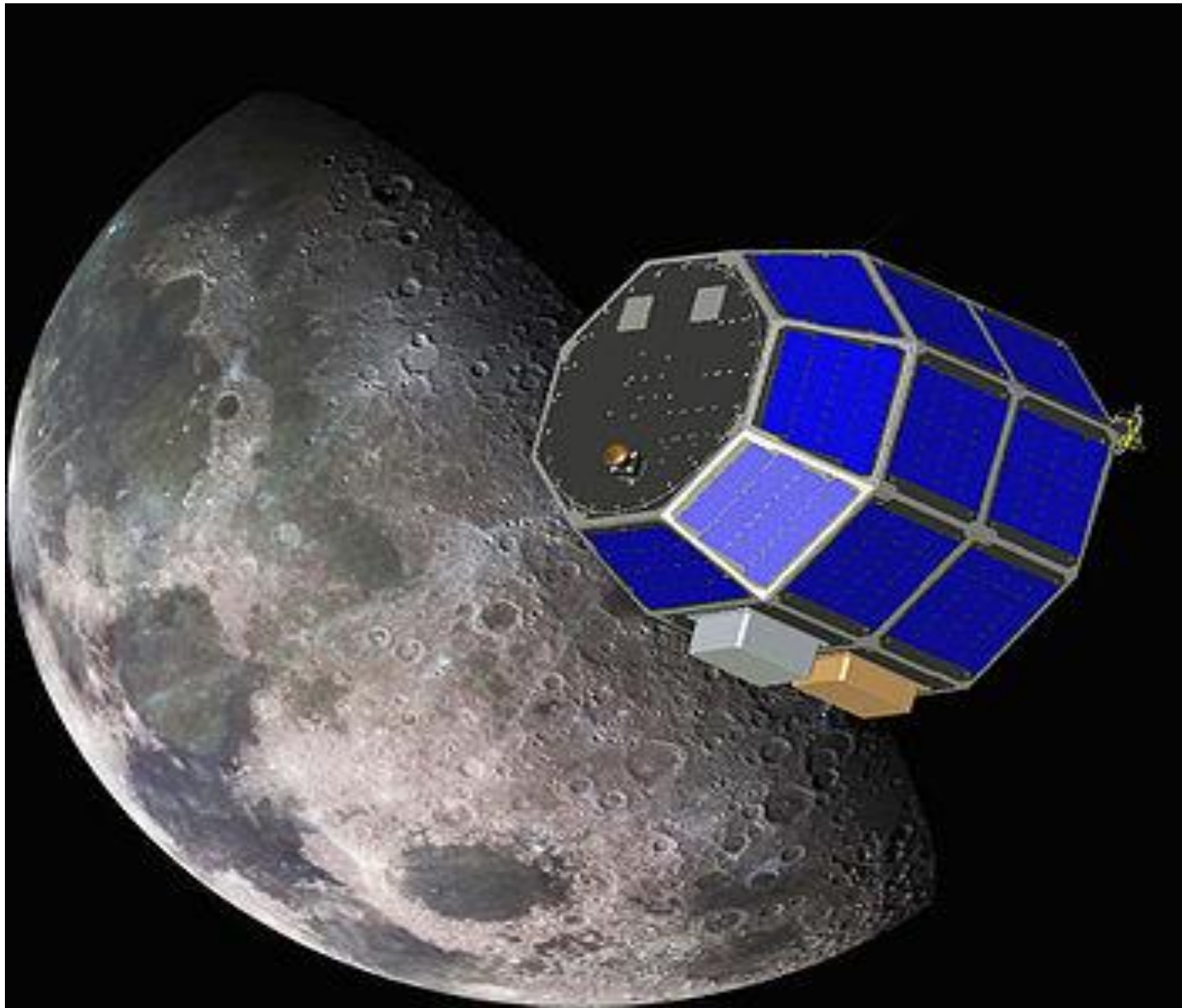
Field of View of instruments making measurements of the vapor and debris composition

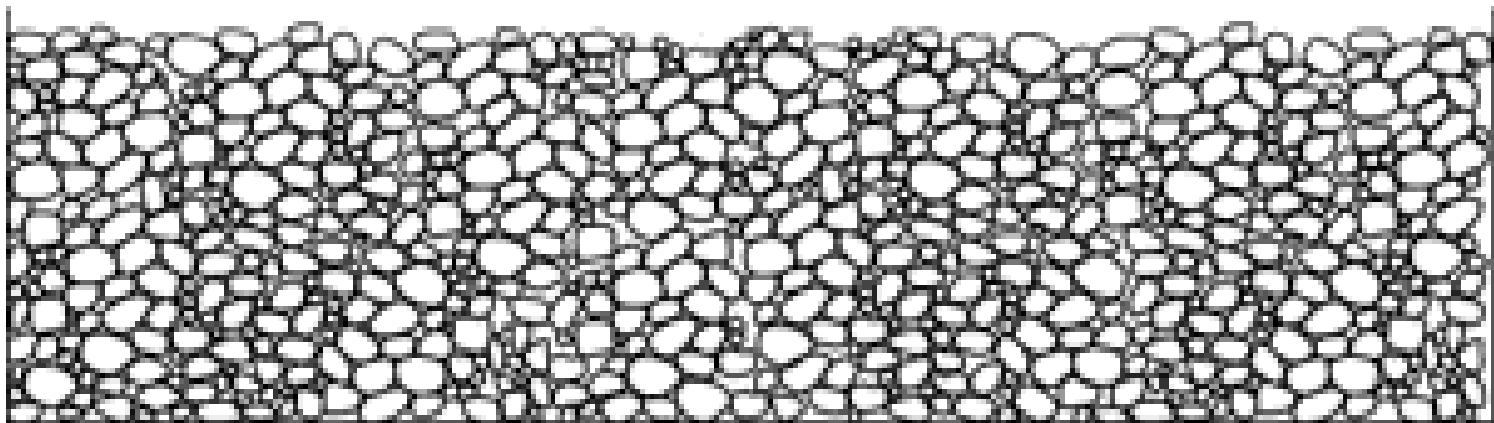


MIR Flash Detection

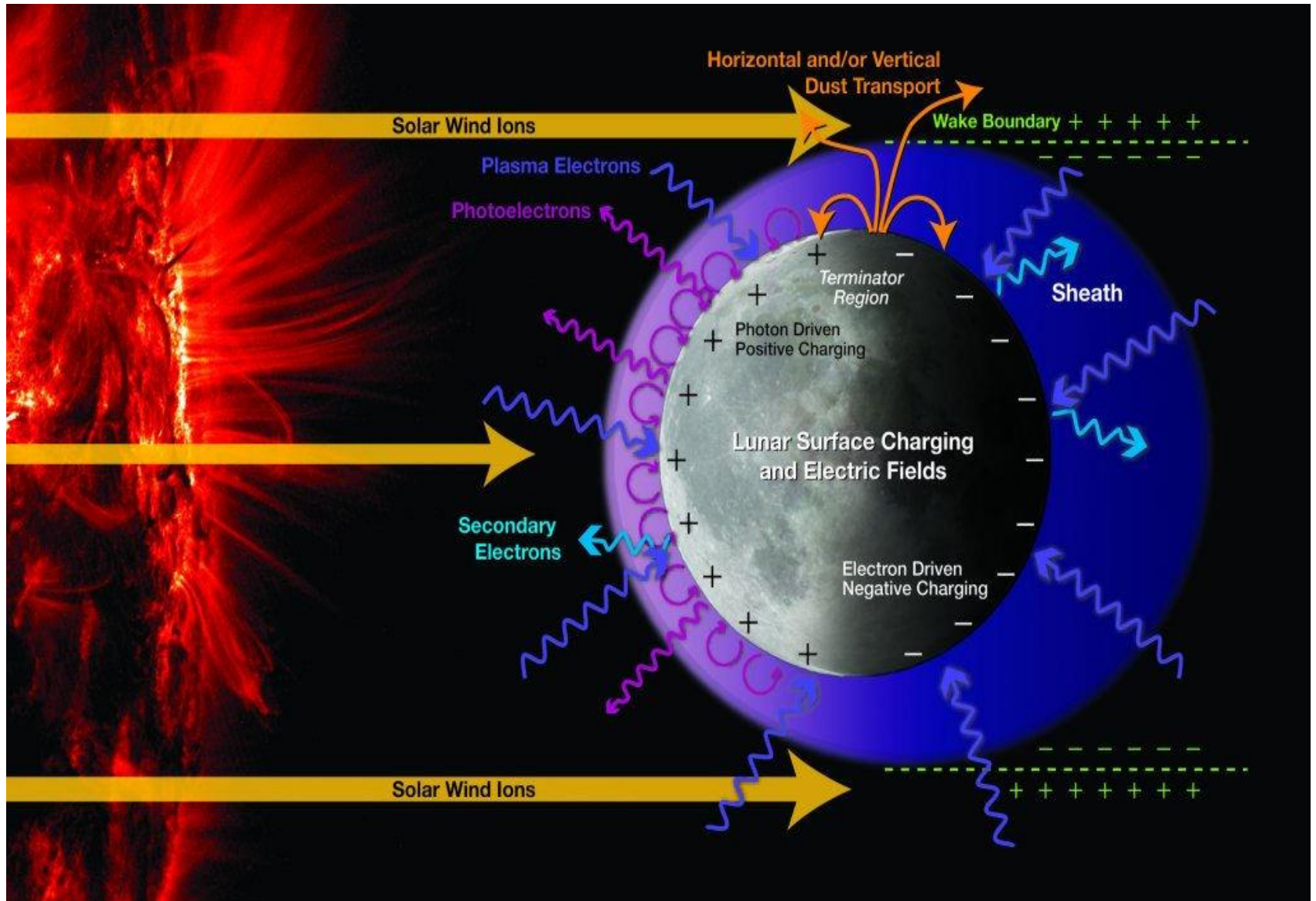




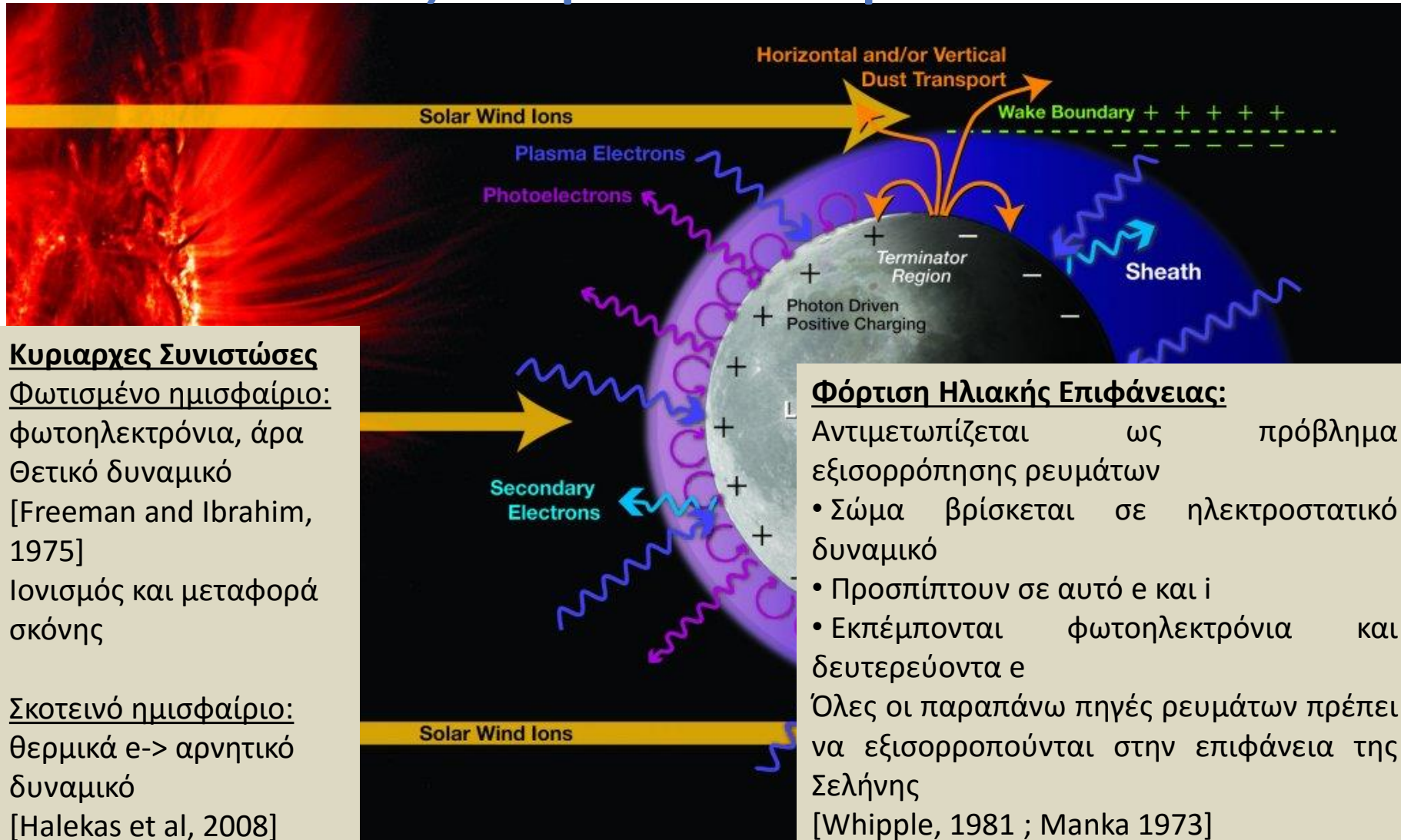




moon



Ως τώρα δεδομένα



Ως τώρα δεδομένα

Κυριαρχες Συνιστώσες

Φωτισμένο ημισφαίριο: φωτοηλεκτρόνια, άρα +V

- Διαφοροποίηση κυρίως εντός της Μαγνητόσφαιρας [Reasoner and Burke, 1972]
- Το Lunar Prospector μέτρησε εντός του πλασμοφλοιού μεγάλα αρνητικά δυναμικά [Halekas et al 2005,2008]
 - Ύπαρξη κώνων απώλειας που εξαρτώνται από την ενέργεια
 - Μέτρηση δεσμών e (επιτάχυνση δευτερευόντων e και φωτοηλεκτρονίων)

Ερμηνεία: Ύπαρξη μη-μονοτονικού δυναμικού (γνωστή θεωρητική λύση)

- Ανακλά πλήθος προσπιπτόντων e
- Παγιδεύει φωτοηλεκτρόνια κοντά στην επιφάνεια (shielding effect)

Προβλήματα: Το LP έχει χαμηλή ενεργειακή διακριτική ικανότητα και άγνωστο το δυναμικό του σκάφους.

Σκοτεινό ημισφαίριο: θερμικά e-> αρνητικό δυναμικό

- Ορθή κατά κύριο λόγο θεώρηση



MOON IONOSPHERE!!!



Surveyor 7: 1968-023T06:21:37

Surveyor 7: 1968-023T06:51:44

Surveyor 7: 1968-023T06:36:02

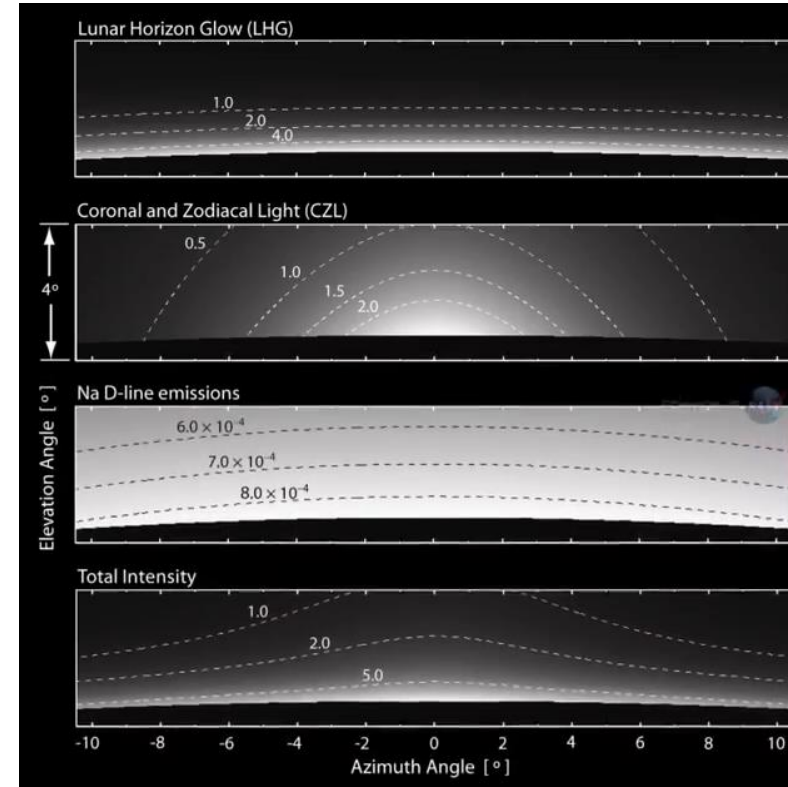
Surveyor 7: 1968-023T07:32:09



Λύση του μυστηρίου

- Ο 30χρονος **Tim Stubbs** του Goddard Space Flight Center έδωσε μία πιθανή απάντηση στις αρχές του 2011 :

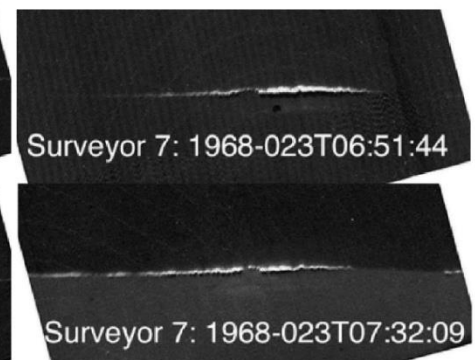
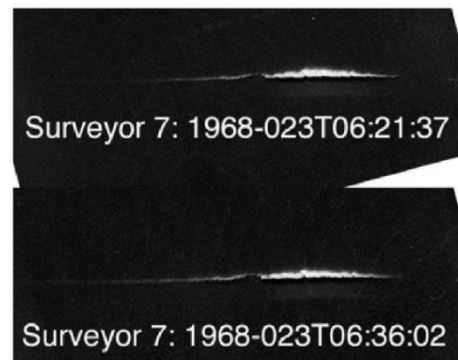
Αναφορές των αστροναυτών του Apollo 15 και φωτογραφίες του Survivor 7 έδειχναν μια **παράξενη φωτεινότητα στον ορίζοντα της Σελήνης.**



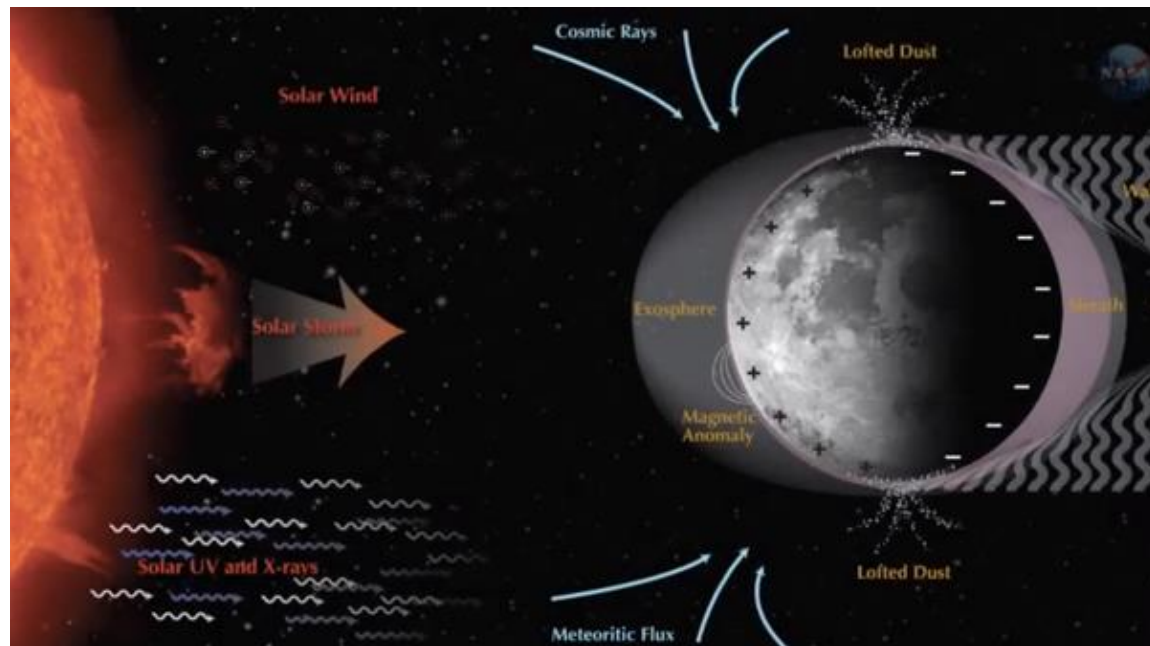
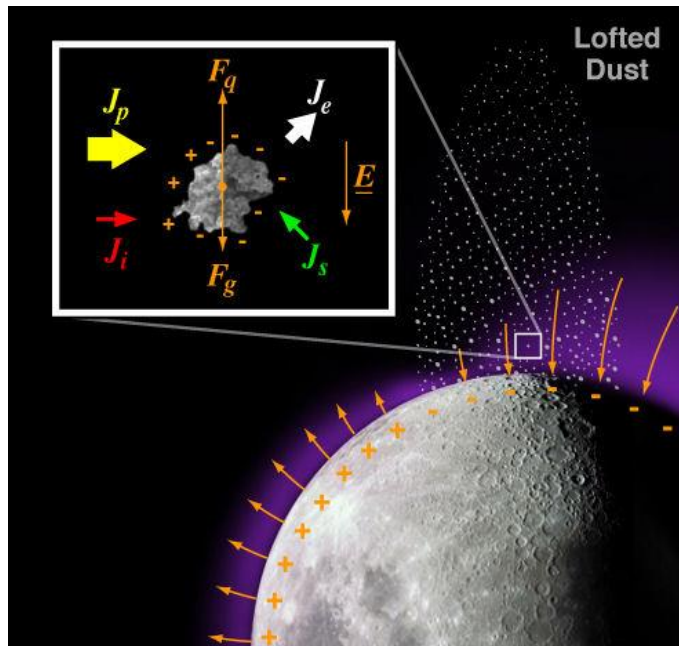
Λύση του μυστηρίου

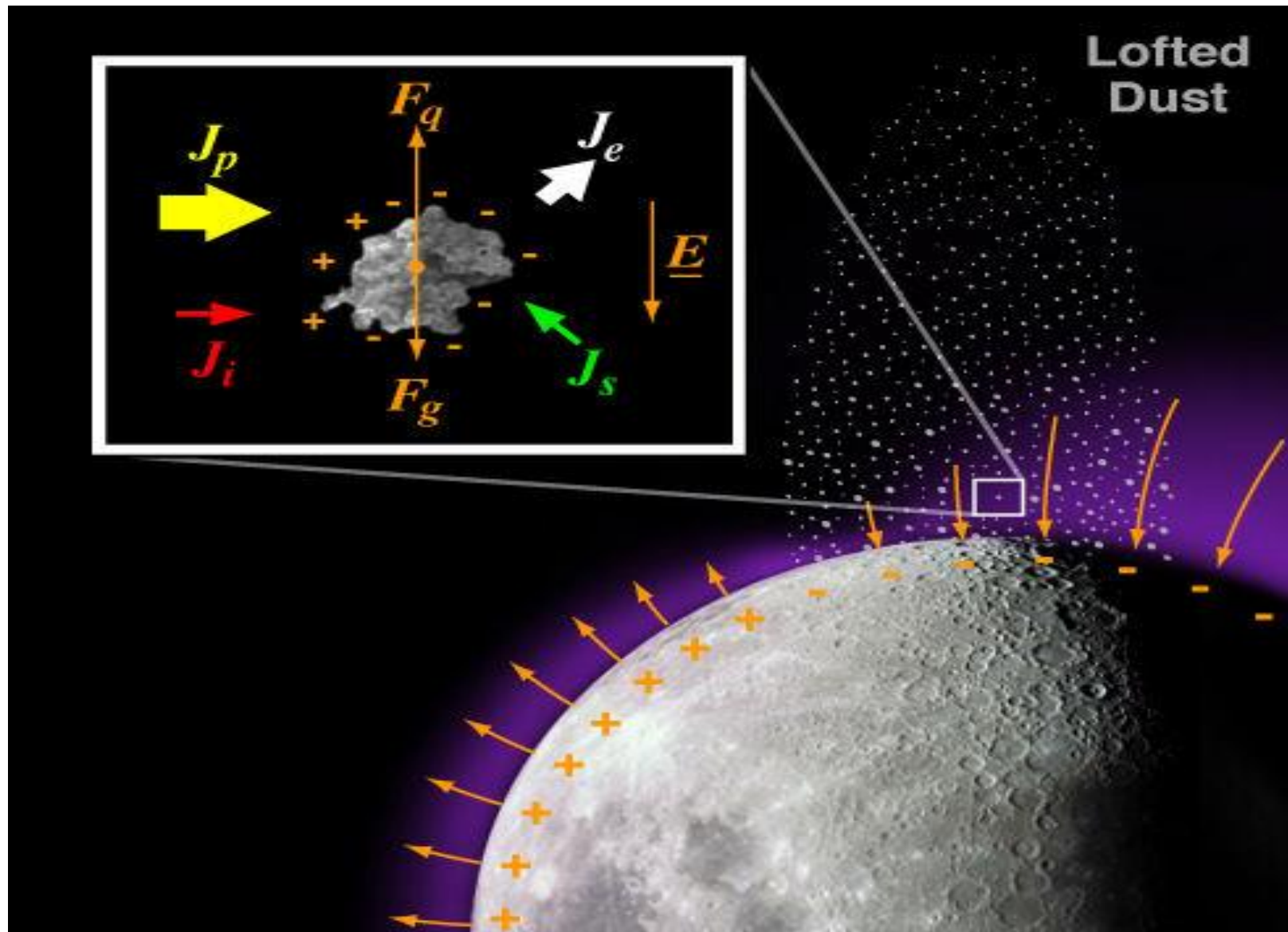
Τη ζώνη αυτή, την απέδιδαν σε ανάκλαση της Σεληνιακής σκόνης από τον Ήλιο που **ηλεκτρικά φορτισμένη “επέπλεε”** σε χαμηλό ύψος από την επιφάνειά της.

Όταν το Ηλιακό φως κατά την ανατολή και την δύση φωτίζει τους κόκκους, αυτοί **σχηματίζουν στον οριζοντά** της αυτή τη **λάμψη**.

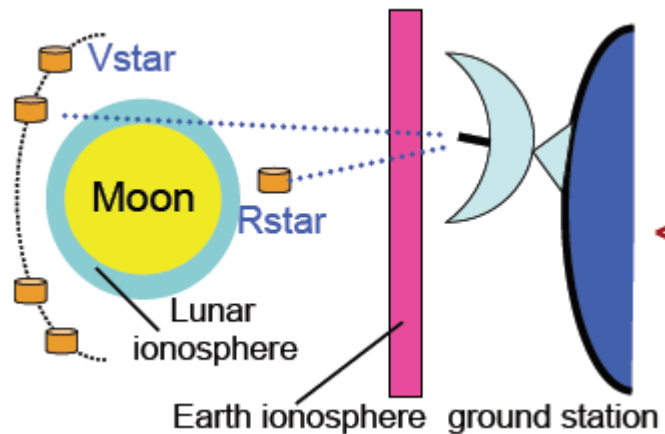
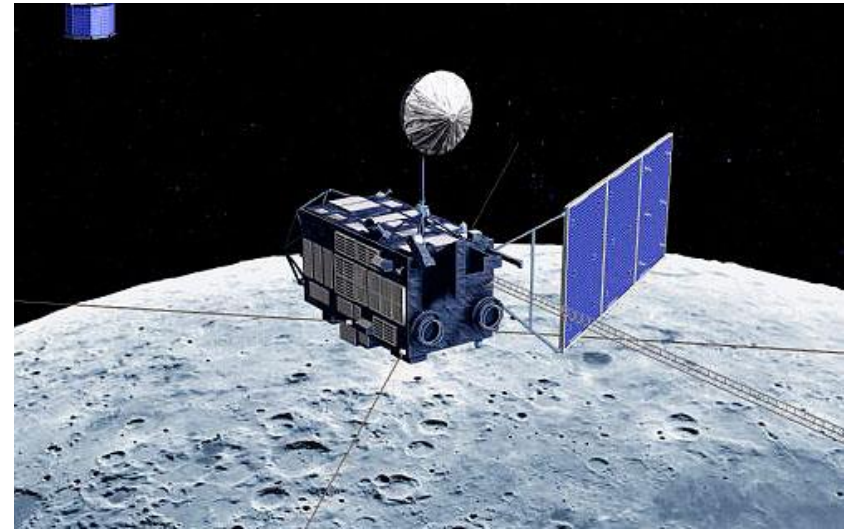
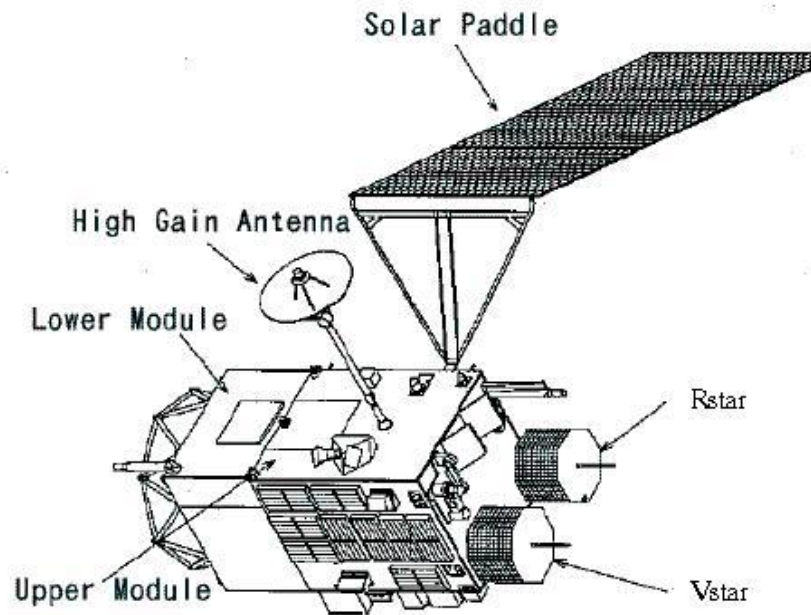


- Ο Stubbs και οι συνεργάτες του διατύπωσαν ότι οι **υπεριώδεις ακτίνες από τον Ήλιο** προσπίπτουν στους κόκκους και **τους ιονίζουν**. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, αυτή η διαδικασία παράγει αρκετή φόρτιση (θετικοί κόκκοι περιβαλλόμενοι από αρνητικά ηλεκτρόνια) ώστε να δημιουργούν την παρατηρούμενη Ιονόσφαιρα.





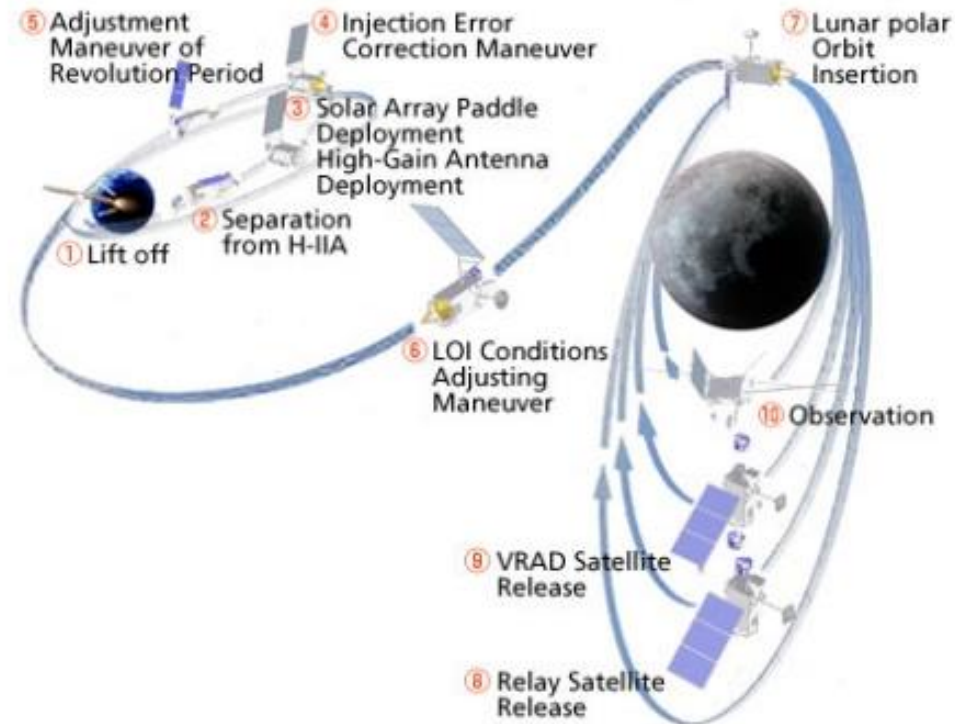
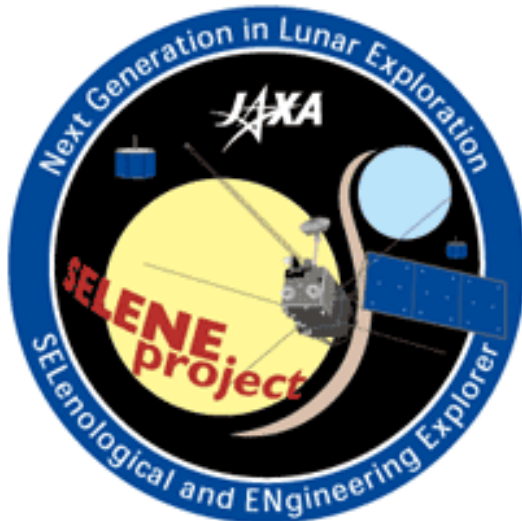
SELENE spacecraft

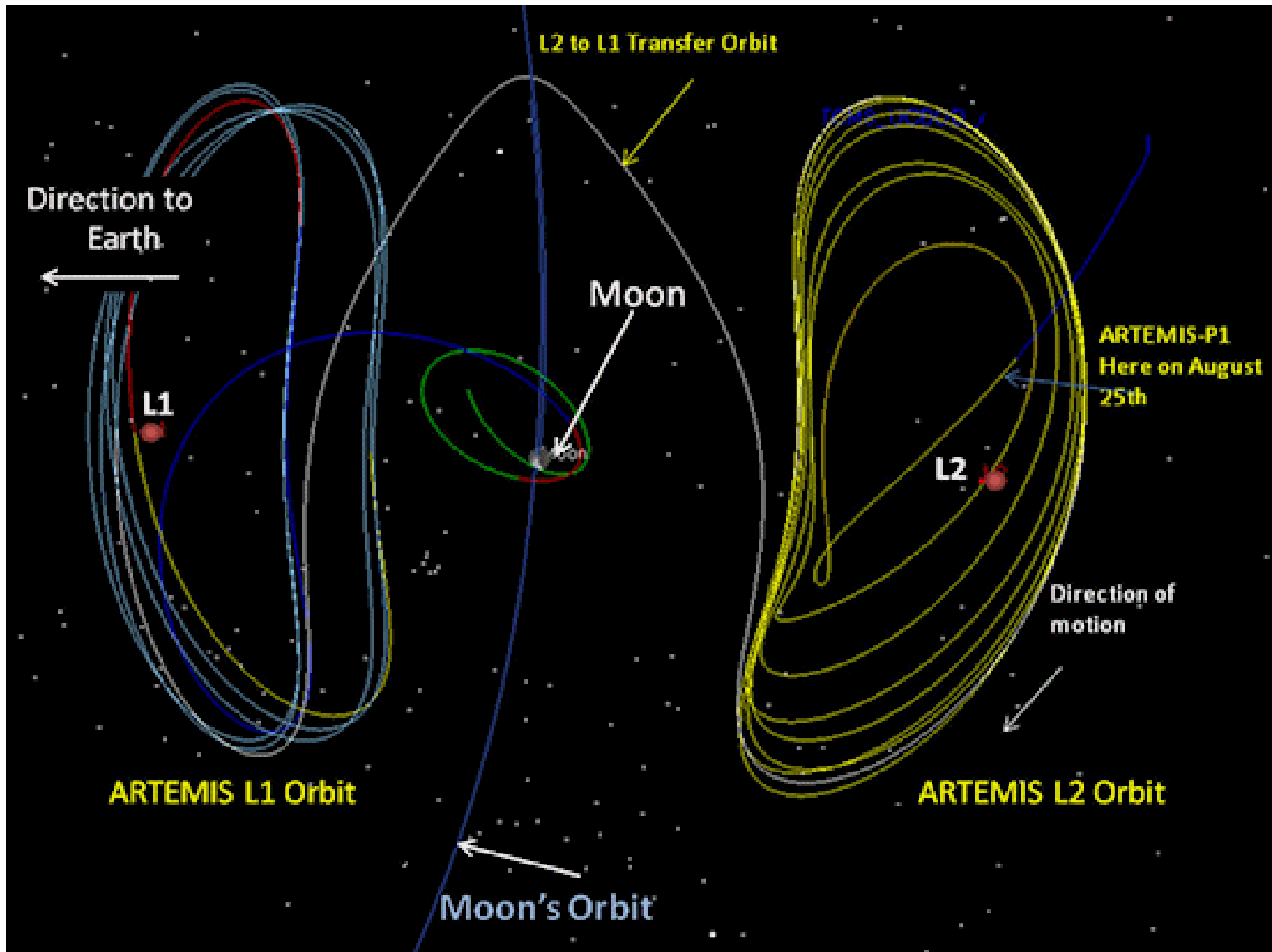


- **To SELENE (SELenological and Engineering Explorer)** [Γιαπωνέζικη αποστολή] εκτοξεύθηκε το Σεπτέμβριο του **2007** και εισήλθε σε τροχιά γύρω από το Σελήνη τον Οκτώβριο του ίδιου έτους

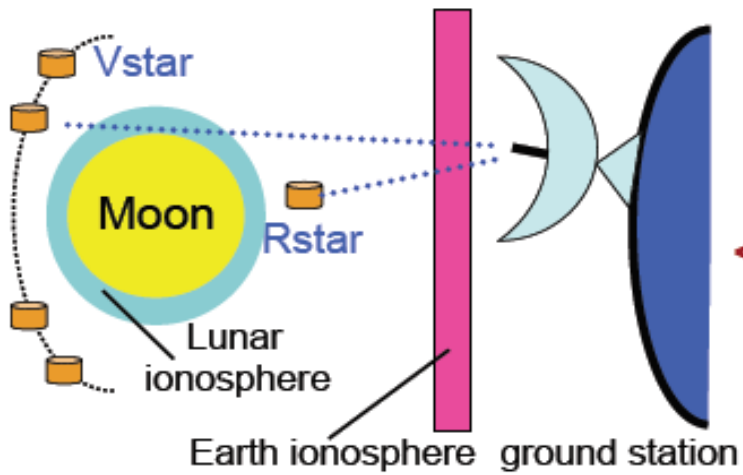
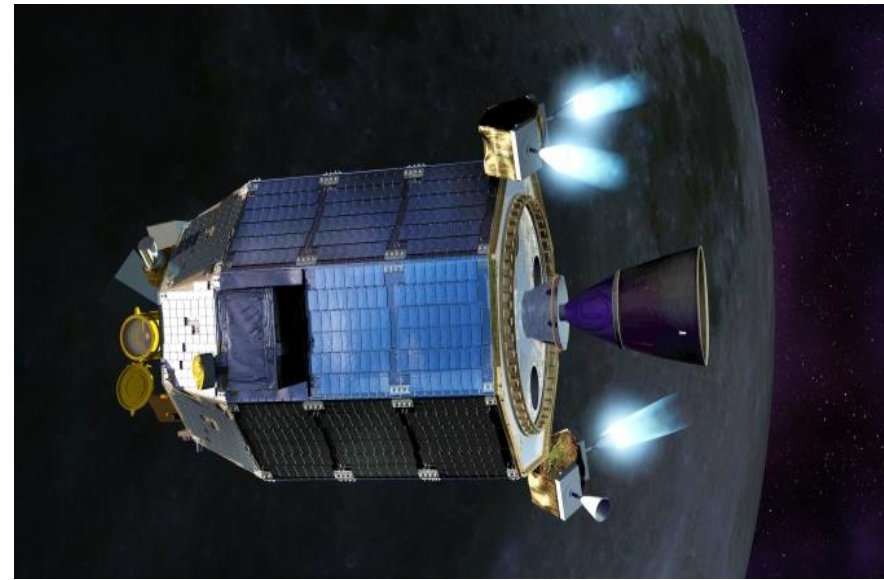
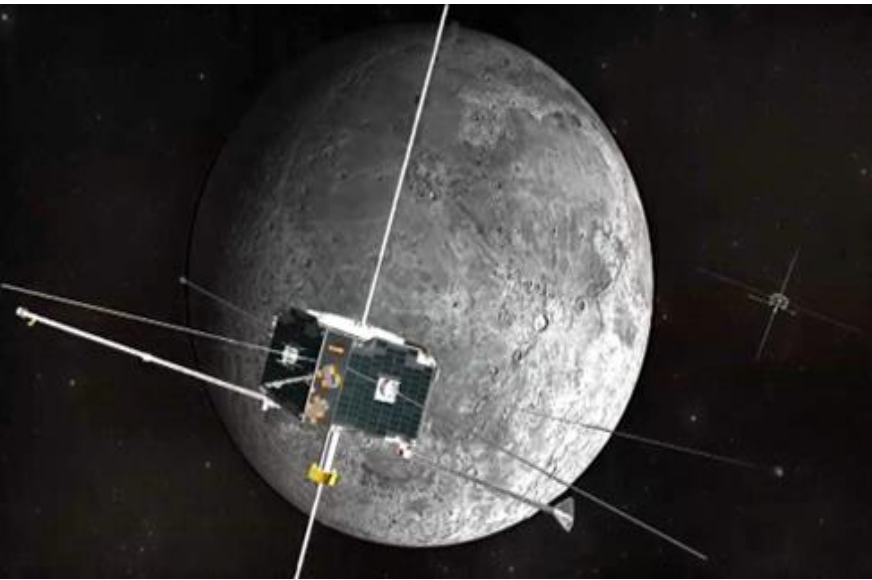


- Κατέληξαν ότι οφείλεται ίσως :
 - α. στην επίδραση από απομεινάρια μαγνητικού πεδίου που ενισχύουν τις συγκεντρώσεις των ουδέτερων αερίων ή
 - β. φορτισμένους κόκκους σκόνης που ανυψώθηκαν από ηλεκτρικό πεδίο κοντά στην επιφάνεια





ARTEMIS and LADEE



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Παναγιώτα Πρέκα 2015. «Εισαγωγή στην Αστροφυσική. Πλανητικό σύστημα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS1/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

