

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΑΚΑΔ.ΕΤΟΣ 2021-22

ΚΟΣΚΙΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΗΣ - ΣΕΛΗΝΗΣ



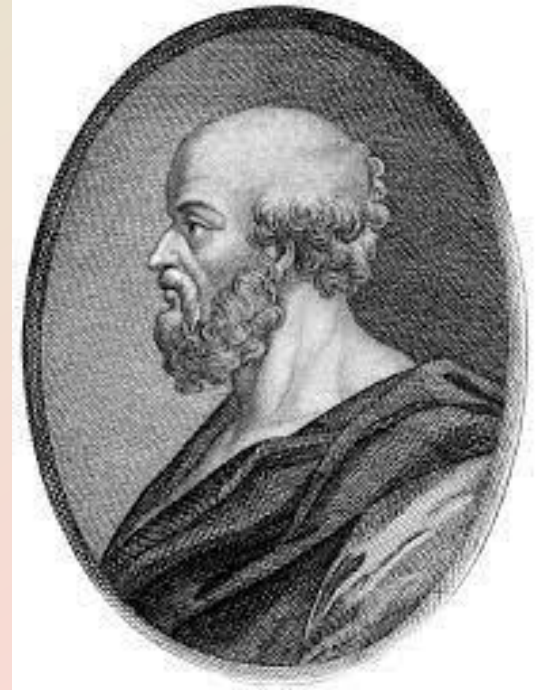
Η ΣΕΛΗΝΗ ΣΤΗ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ

Η Γη είναι αναπόδραστα δεμένη με τη Σελήνη. Τόσο σαν υλικό -φυσικό σώμα όσο και για τους κατοίκους της, τους ανθρώπους που ζούν πάνω της και ταξιδεύουν μαζί της το αέναο κύκλο γύρω από την πηγή της ζωής τον Ηλιο. Θεοποιημένη η Σελήνη από τα αρχαία χρόνια λατρεύτηκε με πλήθος τελετών και έλαβε πάρα πολλά τιμητικά ονόματα, πράγμα που δείχνει ακριβώς τη σπουδαιότητά της για τον άνθρωπο και την κοσμοθεωρία του. Τιτανογέννητη, κόρη του Υπερίωνα και της Θείας και αδελφή του Ήλιου κατα τον Ησίοδο, παίρνει το φως αιωνίως από τον αδελφό της. Μια αξιοσημείωτη δοξασία που αποδείχθηκε πλήρως από την επιστήμη τους κατοπινούς αιώνες. Ως Μήνις είναι αυτή που με τον σταθερό της κύκλο αποτέλεσε μέτρο και μονάδα του χρόνου, το οποίο πήρε το όνομά της. Ο μήνας.



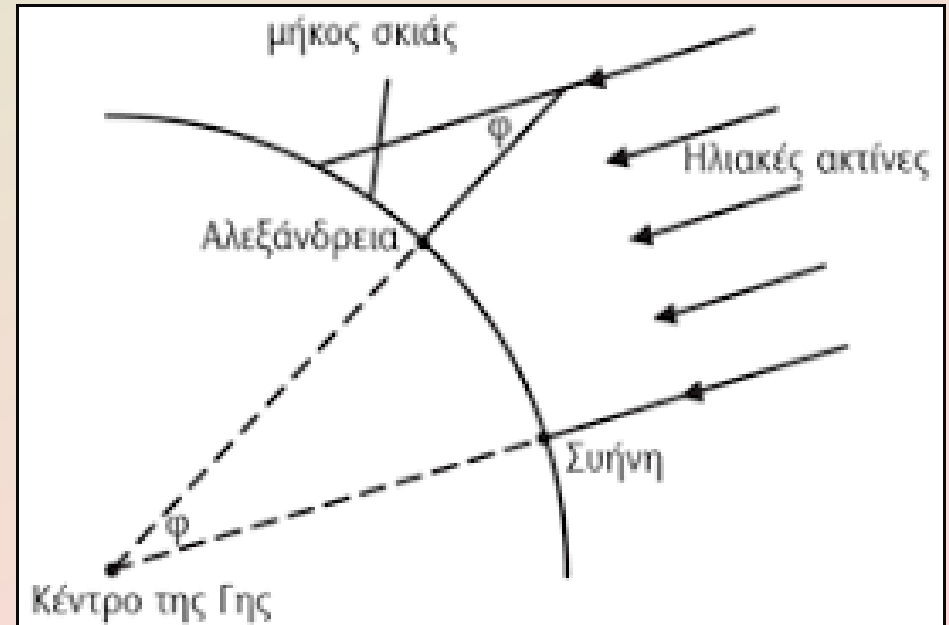
Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

- Από την κλασσική εποχή οι αρχαίοι Έλληνες φυσικοί επιστήμονες, είχαν ασχοληθεί με τη Σελήνη, προσπαθώντας να καθορίσουν τα φυσικά της χαρακτηριστικά. Ο Αρίσταρχος έκανε τα πρώτα βασικά βήματα εξάγοντας συμπεράσματα παρατηρώντας τις εκλείψεις και κατόπιν ο Ερατοσθένης έχοντας υπολογίσει την ακτίνα της Γης, μπόρεσε να υπολογίσει την απόσταση αλλά και την ακτίνα της Σελήνης κατά μεγάλη προσέγγιση.



Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Με το γνωστό πείραμά του Ο Ερατοσθένης, με γεωμετρικό υπολογισμό -που είναι γνωστός ως το πείραμα του Ερατοσθένη- υπολόγισε την ακτίνα της Γης. Είχε πληροφορηθεί για ένα πηγάδι με εκπληκτικές ιδιότητες, το οποίο βρισκόταν κοντά στην πόλη της Συήνης στη νότια Αίγυπτο, κοντά στο σημερινό Ασουάν. Κάθε χρόνο, το μεσημέρι της 21ης Ιουνίου —τη μέρα του θερινού ηλιοστασίου- ο Ήλιος καθρεφτιζόταν ολόκληρος μέσα στο πηγάδι και το φώτιζε σε όλο το βάθος του

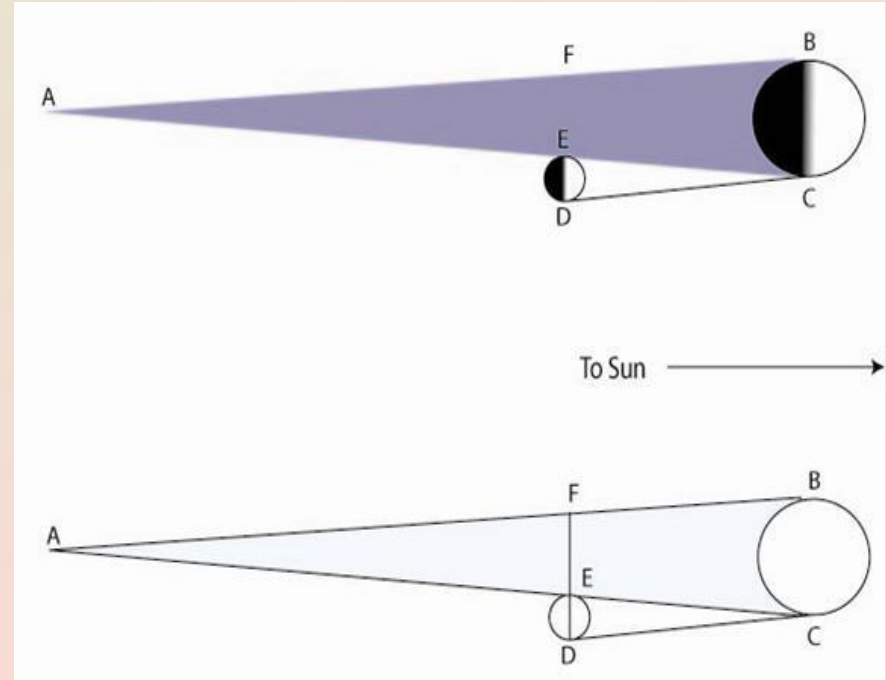


Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ(2)

- Υπολογίζοντας τη γωνία $\varphi=7,2^{\circ}$ υπολόγισε την περιφέρεια της Γης με βάση τη σχέση $7,2/360=1/50$ και μετρώντας την απόσταση Αλεξάνδρειας – Συήνης (περ.5040 αλεξανδρινά στάδια) μπόρεσε να υπολογίσει την περίμετρο της Γης $k=252.00$ στάδια ή $252.00 \times 159 = 40.068$ km.
- Με βάση τον τύπο $k=\pi d$ βρήκε εύκολα την ακτίνα $a_{\Gamma}=12.700$ περ. μετρα
 - ο Αρίσταρχος είχε υπολογίσει το λόγο της διαμέτρου της κυκλικής τομής του κώνου σκιάς της Γης στο σημείο που η Σελήνη εισέρχεται στον κώνο, προς τη διάμετρο της Σελήνης και τον είχε βρει ίσο με 2,5. Αυτό ήταν γνωστό στον Ερατοσθένη, όπως και το ότι η απόσταση ενός σώματος (νομίσματος) από το μάτι μας, προκειμένου να κρύψει τον Ήλιο ή τη Σελήνη (έχουν την ίδια φαινόμενη διάμετρο), είναι 108 φορές τη διάμετρο του νομίσματος.

Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

- Στο διπλανό σχήμα έχουμε μια επικείμενη έκλειψη Σελήνης. Έχουμε $EF/ED=2,5$. Από τα όμοια τρίγωνα FAE και DCE είναι:
 $AE/EC=AF/DC=EF/ED=2,5$. Κατα συνέπεια:
 $AE=2,5 * EC$ και $AE + EC = (2,5 \times EC) + EC$. Άρα
 $AC=3,5 \times EC$. Αφού AC είναι $108 * BC$ δηλ
 $AC=108 * 12700=395000$ km περίπου.
Από τα όμοια τρίγωνα CDE και ABC είχε :
 $AC/EC=BC/ED=3,5$ περίπου δηλ.4 .Άρα
 $ED=BC/4= 12700: 4=3400$ Km περίπου !



ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ ΠΕΡΙ ΤΗ ΓΗ

Η Σελήνη εκτός από την κίνηση τη γύρω από τον ήλιο, την οποία αναγκάζεται να κάνει ακολουθώντας τη Γη ως δορυφόρος της, εκτελεί ακόμα τρεις σημαντικές κινήσεις:

- I. Η περιφορά της γύρω από τη Γη.
- II. Η περιστροφή γύρω από τον άξονά της
- III. Λικνίσεις

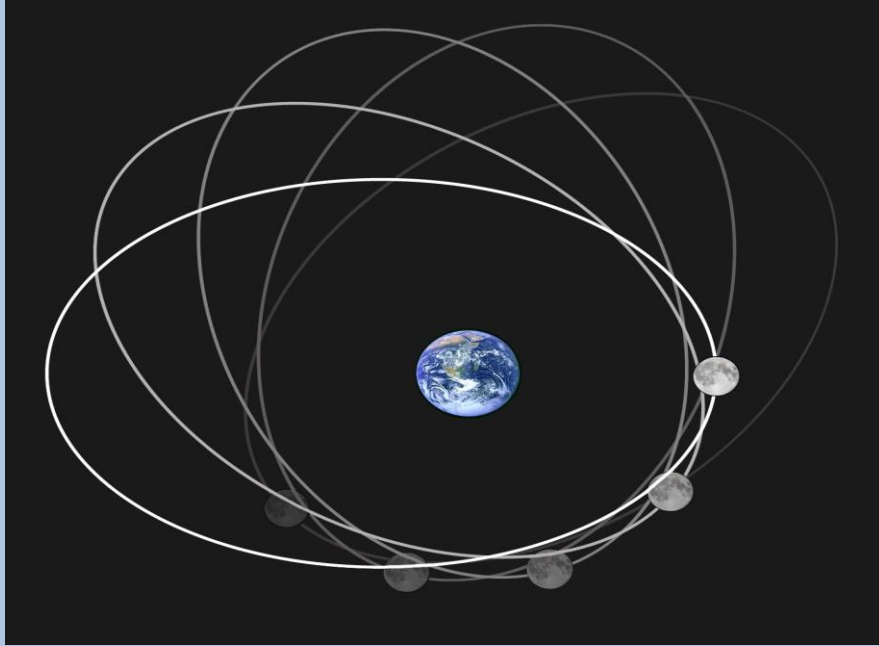
2018-01-01 00:00

Moon

0.000km/s

357,401km

Η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη

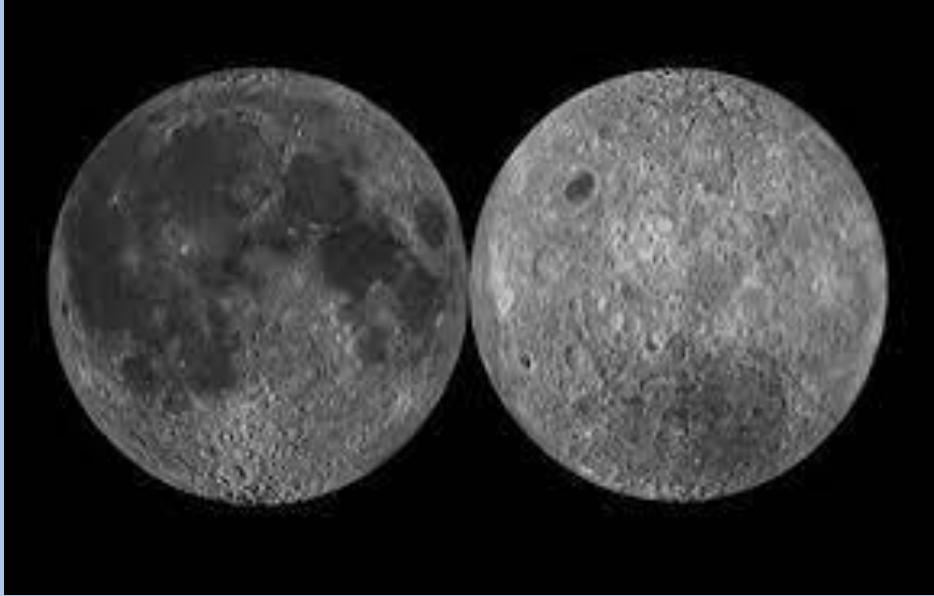


- Η Σελήνη κινείται σε ελλειπτική τροχιά περί τη Γη με κατεύθυνση εκ Δυσμών προς Ανατολάς με μέση τροχιακή ταχύτητα $1,022 \text{ km / s}$. Η έλλειψη αυτή έχει μικρή εκκεντρότητα, όπως προκύπτει από την μέγιστη και ελάχιστη απόστασή της από τη Γη. Τα σημεία της τροχιάς της που σημειώνονται οι άκρες τιμές της απόστασής της ονομάζονται **περίγειο** (η ελάχιστη απόσταση) και **απόγειο** (η μέγιστη απόσταση). Η τροχιά της Σελήνης είναι μια σχεδόν κυκλική έλλειψη γύρω από τη Γη (οι ημι-άξονες είναι 384.400 χλμ και 383.800 χλμ , αντίστοιχα: διαφορά μόνο $0,16\%$). Η εξίσωση της έλλειψης αποδίδει εκκεντρότητα $0,0549$ και, αποστάσεις περιγείου και απογείου $362,600 \text{ km}$ και $405,400 \text{ km}$ αντίστοιχα (διαφορά 12%).

Οι σεληνιακοί μήνες

- Ο χρόνος που απαιτείται για μια πλήρη περιφορά της είναι 27 ημ.7ωρ.43'11,5'' ή 27,32166 ημέρες και ονομάζεται **Αστρικός μήνας**.
- **Συνοδικός μήνας** που είναι ο χρόνος μεταξύ δύο ομώνυμων φάσεων της Σελήνης και διαρκεί 29,530589 ημέρες (ή 29 ημέρες 12 ώρ. 44' 2,9'').
- **Δρακόντειος ή συνδεσμικός μήνας** είναι ο χρόνος που παρέρχεται μεταξύ δύο διαδοχικών περασμάτων της Σελήνης από τον ίδιο σύνδεσμο της τροχιάς της.
- (Συνδέσμους της σεληνιακής τροχιάς ονομάζουμε τα σημεία στα οποία το επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης τέμνει το επίπεδο της εκλειπτικής,)
- **Τροπικός μήνας** καλείται ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να επανέλθει η Σελήνη στο εαρινό ισημερινό σημείο, και ισούται με 27,321582 ημέρες(ή 27 ημέρες 7 ώρ. 43' 4,7''),
- **Ανωμαλιστικός μήνας** είναι ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων της Σελήνης από το περίγειο της τροχιάς της. Ο ανωμαλιακός μήνας ισούται με 27,554555 ημέρες.

Η περιστροφή της Σελήνης γύρω από τον άξονά της



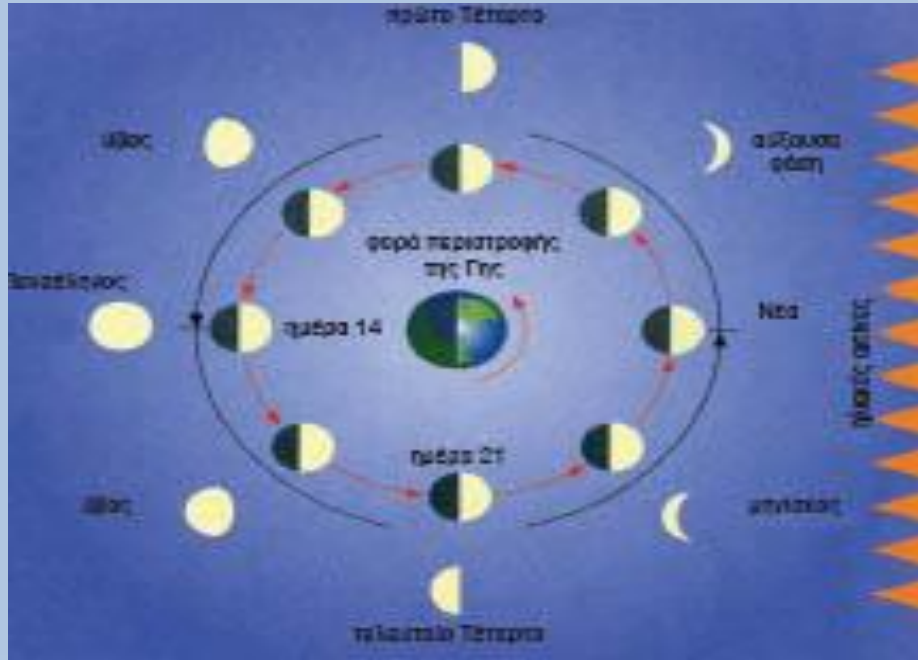
- Η Σελήνη περιστρέφεται εκ Δυσμών προς Ανατολάς γύρω από τον άξονά της μέσα σε 27,3217 ημέρες. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι επειδή η διάρκεια αυτής της περιστροφής είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη του Αστρικού μήνα, η Σελήνη στρέφει προς τη Γη πάντα το ίδιο ημισφαίριό της.

Οι λικνίσεις



- Η τελευταία φαινόμενη κίνηση που εκτελεί η Σελήνη είναι εκείνη μιας γενικής λίκνισης, φαίνεται δηλαδή σαν να εκτελεί μια παλινδρομική κίνηση καθώς κινείται στον ουρανό. Συγκεκριμένα παρουσιάζει μια λίκνιση που όμως αναλύεται σε επιμέρους λικνίσεις (στις γεωμετρικές λικνίσεις και στη φυσική λίκνιση)

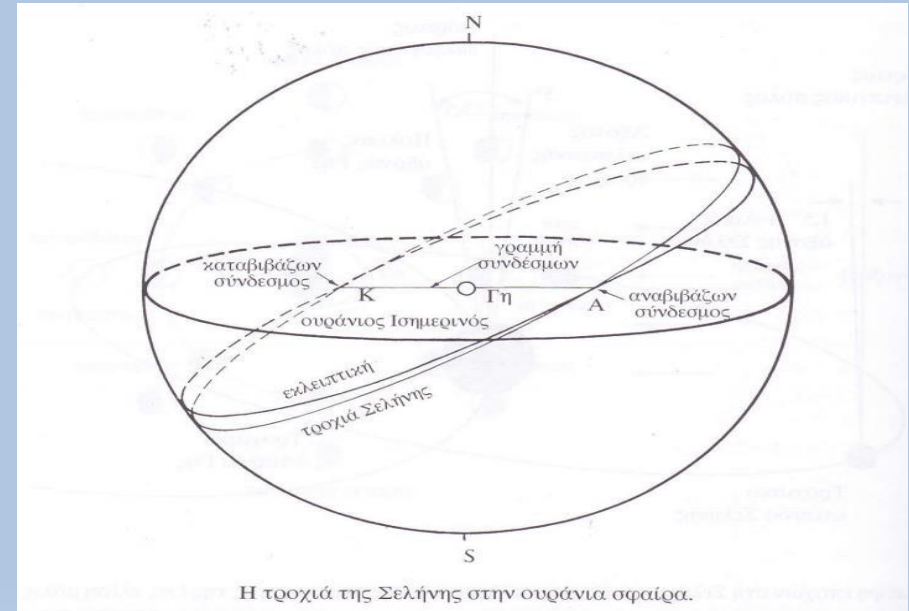
Οι φάσεις της Σελήνης



- Ανάλογα με τη σχετική θέση της ως προς τον Ήλιο που αποτελεί την πηγή του φωτός που αντανακλά η Σελήνη παρουσιάζει προς εμάς κάθε ημέρα διαφορετικό τμήμα του φωτιζόμενου ημισφαιρίου της. Αυτές τις διαφορετικές όψεις ονομάζουμε **φάσεις**.
- Οι φάσεις είναι τέσσερις:
- Νέα Σελήνη (γωνία Ήλιου-Γης-Σελήνης 0^0)
- Πρώτο Τέταρτο (γωνία 90^0)
- Πανσέληνος (γωνία 180^0)
- Τελευταίο Τέταρτο (γωνία 270^0)

Η κλίση της τροχιάς της Σελήνης

- Η μέση κλίση της σεληνιακής τροχιάς στο εκλειπτικό επίπεδο είναι 5.145°
- Ο άξονας περιστροφής της Σελήνης δεν είναι κάθετος στο τροχιακό του επίπεδο, οπότε ο σεληνιακός ισημερινός δεν βρίσκεται στο επίπεδο της τροχιάς του, αλλά τείνει προς αυτήν με σταθερή τιμή $6,688^\circ$
- Ο κύριος άξονας της ελλειπτικής τροχιάς της Σελήνης περιστρέφεται με μία πλήρη επανάσταση κάθε 8,85 χρόνια.

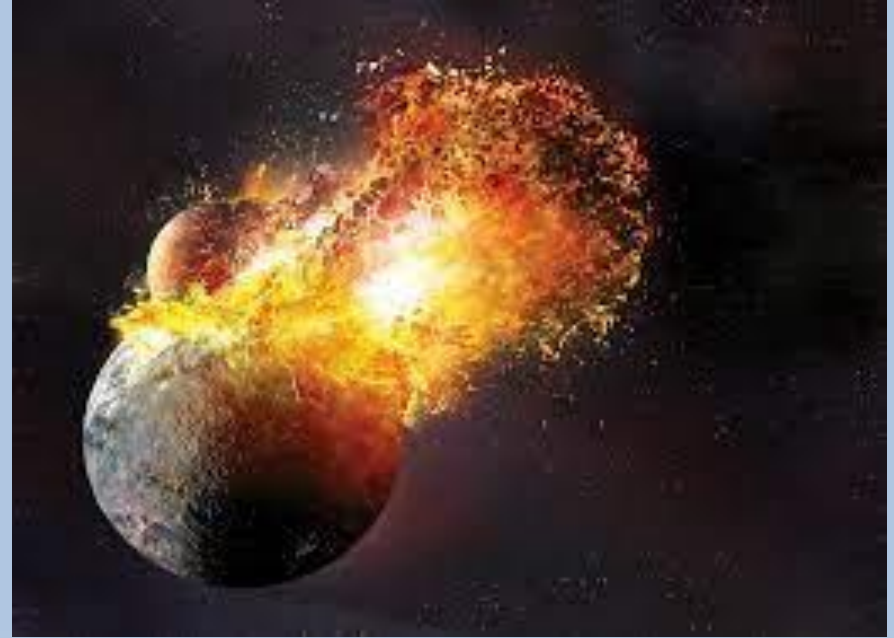


Σεληνιακή ακινησία – Σεληνιακό αδιέξοδο

- Κάθε 18,6 χρόνια, η γωνία μεταξύ της τροχιάς της Σελήνης και του Ισημερινού της Γης φτάνει το μέγιστο των $28^{\circ} 36'$, το άθροισμα της ισημερινής κλίσης της Γης ($23^{\circ} 27'$) και την τροχιακή κλίση της Σελήνης ($5^{\circ} 09'$) προς την εκλειπτική. Αυτό ονομάζεται μείζων **σεληνιακή ακινησία**.
 - Περίπου αυτό το διάστημα, η απόκλιση της Σελήνης θα κυμαίνεται από $-28^{\circ} 36'$ έως $+28^{\circ} 36'$.
- Αντίθετα, 9,3 χρόνια αργότερα, η γωνία μεταξύ της τροχιάς της Σελήνης και του ισημερινού της Γης φτάνει στο ελάχιστο των $18^{\circ} 20'$. Αυτό ονομάζεται δευτερεύον **σεληνιακό αδιέξοδο**.
 - Η τελευταία σεληνιακή στάση ήταν μια μικρή στάση τον Οκτώβριο του 2015.

Γένεση της Σελήνης

- Υπάρχουν δύο θεωρίες ή καλύτερα επιστημονικές υποθέσεις για τη γένεση της Σελήνης. Η πρώτη είναι ότι τα δύο σώματα γεννήθηκαν από εντελώς διαφορετικά συσσωματώματα ύλης πολύ μακριά το ένα από το άλλο και τυχαία η Σελήνη συνελήφθη από τη βαρύτητα της Γης κατά την περιπλάνησή της στο κενό. Η δεύτερη θεωρεί ότι τόσο η Γη όσο και η Σελήνη σχηματίστηκαν από έναν θρόμβο ύλης. Και στην αρχή της ύπαρξής τους, για κάποιο λόγο αποκόπηκε ένα τμήμα το οποίο έγινε κατόπιν ο δορυφόρος της Γης, αλλά πολύ πιο κοντά το ένα στο άλλο. Όμως σταδιακά η Σελήνη απομακρύνθηκε από τη Γη και πήρε τη σημερινή της θέση.

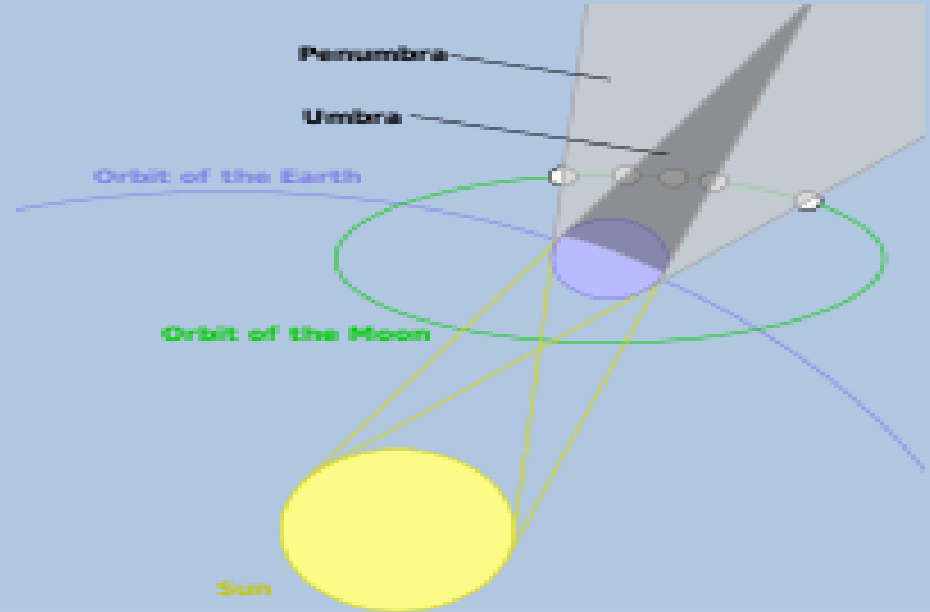


Η μορφολογία της Σελήνης

- **Η επιφάνειά της** παρουσιάζει εικόνα μονότονου ερημικού τοπίου που διακόπτεται από κρατήρες που σχηματίστηκαν από πρόσκρουση μετεωριτών και διατηρούνται επί δισεκατομμύρια έτη αναλλοίωτοι, λόγω της μη διαβρωτικής επίδρασης του νερού και του ανέμου.
- Όπως ειπώθηκε και πιο πάνω η Σελήνη έχει διάμετρο 3.474 Km, δηλαδή είναι ίση με το 27% της γήινης διαμέτρου. **Η μάζα της** ($7,35 \times 10^{25}$ gr) , όμως, είναι πολύ μικρότερη, μιας και αντιστοιχεί μόλις στο 1,2% της μάζας της Γης.
- Η μέση τιμή της έντασης του βαρυτικού πεδίου της Σελήνης στα 1.63 m/s^2
- Η Σελήνη, καθώς δεν έχει ατμόσφαιρα να την προστατεύει και υποκείμενη στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της μακράς σεληνιακής ημέρας (ισούται με 14 γήινες ημέρες), έχει θερμοκρασίες που ποικίλλουν από 123°C στην ημέρα έως -170°C τη νύχτα στον ισημερινό, και κάτω από -233°C στους μόνιμα σκιασμένους πολικούς κρατήρες. Στο εσωτερικό της οι θερμοκρασίες είναι λίγων εκατοντάδων βαθμών Κελσίου. Παρατηρήσεις μετάδοσης σεισμικών κυμάτων απέδειξαν ότι το εσωτερικό της είναι σε στερεά κατάσταση και θεωρείται ότι υπάρχει σε κρυσταλλώδη κατάσταση πυρήνας διαμέτρου 1000 km περίπου.

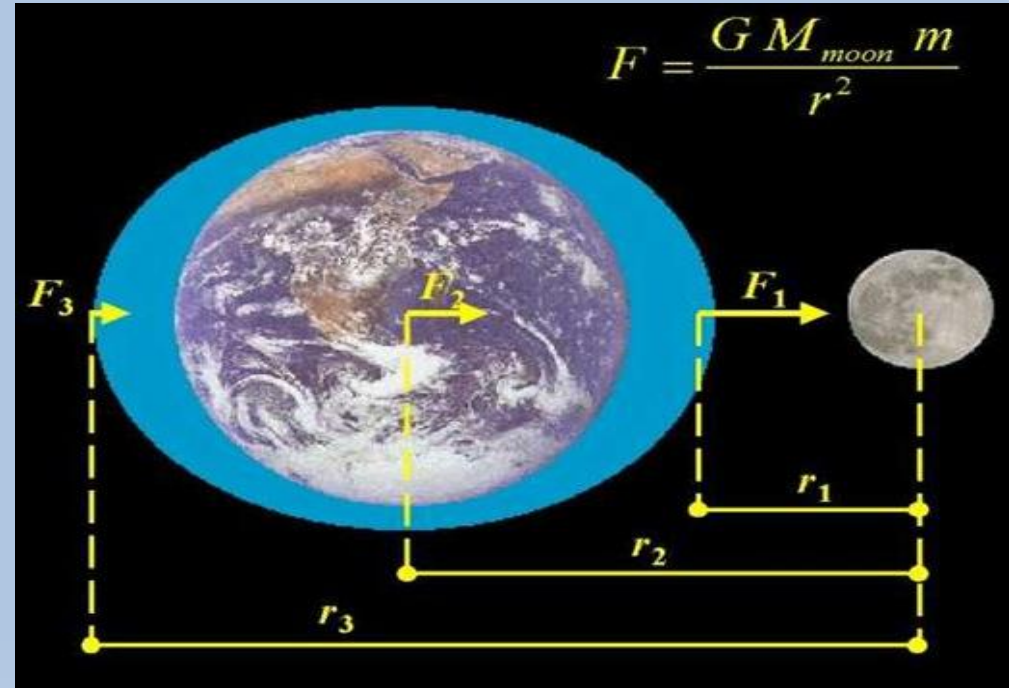
Οι εκλείψεις της Σελήνης

- Όταν η Σελήνη εισέρχεται στον κώνο της σκιάς της Γης, τότε αποκρύπτεται ο σεληνιακός δίσκος και ονομάζουμε το φαινόμενο αυτό **έκλειψη**. Όταν εισέλθει ολόκληρος ο δίσκος έχουμε **ολική** έκλειψη, ειδάλως έχουμε **μερική** έκλειψη όταν τμήμα μόνο του δίσκου αποκρύπτεται.
- Στην περίπτωση που από τη σκιά της Γης αποκρύπτονται μόνον οι κεντρικές περιοχές του σεληνιακού δίσκου, αφήνοντας έτσι ορατό ένα φωτεινό δαχτυλίδι των περιφερειακών περιοχών του, η έκλειψη ονομάζεται **δακτυλιοειδής**



Οι παλίρροιες

- Γνωρίζουμε ότι η στάθμη των υδάτων της γήινης επιφάνειας δεν παραμένει σταθερή μέσα στο 24ωρο, αλλά παρατηρούνται άνοδοι και κάθοδοι. Συγκεκριμένα επί 6 ώρες η στάθμη ανέρχεται συνεχώς και επί 6 ώρες η στάθμη κατέρχεται. Έτσι έχουμε δύο ανόδους και δύο καθόδους ανά 24ωρο. Η άνοδος έχει την ονομασία **πλημμυρίς** ενώ η κάθοδος ονομάζεται **άμπωτις**. Και τα δύο μαζί φαινόμενα ορίζουν το φαινόμενο της **παλίρροιας**



Επίδραση του φαινομένου των παλιρροιών

- Τα παλιρροϊκά κύματα με την πάροδο του χρόνου τείνουν να επιβραδύνουν βαθμιαία την περιστροφή της Γης με αποτέλεσμα η διάρκεια της ημέρας να μεγαλώνει περίπου κατά 0,0016 δευτερόλεπτα ανά αιώνα.
- Η έρευνα απέδειξε ότι η Γη περιστρεφόταν ταχύτερα πριν από 70 εκατομμύρια χρόνια (στο τέλος της εποχής των δεινοσαύρων) σε σχέση με σήμερα. Η διάρκεια μιας ημέρας ήταν κατά μισή ώρα μικρότερη (23,5 ώρες αντί 24 ώρες) και το έτος περιλάμβανε 372 αντί για 365 ημέρες.
- Η Σελήνη απομακρύνεται συνεπεία της Αρχής της Διατήρησης της στροφορμής. Η ολική στροφορμή του συστήματος είναι

$$L_{\Gamma} + m_{\Sigma} r u = I_{\Gamma} \omega_{\Gamma} + m_{\Sigma} \omega_{\Sigma} r^2 = \text{σταθερή}$$

Οι όροι όμως της εξίσωσης, όσο αφορά την ιδιοστροφορμή της Γης μεταβάλλονται εξαιτίας των παλιρροϊκών τριβών κι έτσι μεταβάλλεται αντίστοιχα η απόσταση r της Σελήνης προκειμένου να διατηρηθεί η συνολική στροφορμή του συστήματος σταθερή. Έτσι η Σελήνη απομακρύνεται. Συγκεκριμένα απομακρύνεται με ρυθμό 3,82 εκατοστών ετησίως.

Από την πλευρά της η Γη καθώς περιστρέφεται, επιχειρεί να μεταφέρει μαζί της και τις παλιρροϊκές παραμορφώσεις της, ενώ η έλξη της Σελήνης τις ωθεί πίσω στην ευθυγράμμιση. Ασκείται ένα ζεύγος δυνάμεων που επιβραδύνει την περιστροφή της Γης. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται η διάρκεια της ημέρας, η οποία δεν θα παραμένει σταθερή, αλλά θα μεταβάλλεται, μεταβαλλόμενης της απόστασης της Σελήνης.

Το μαγνητικό πεδίο της Σελήνης

- Η Σελήνη δεν διαθέτει μαγνητικό πεδίο σαν αποτέλεσμα της αποκρυστάλλωσης του πυρήνα της.
- Ωστόσο οι μαγνητικές μετρήσεις του σεληνιακού φλοιού και των δειγμάτων των αποστολών Apollo ,δείχνουν ότι η Σελήνη δημιούργησε ένα μαγνητικό πεδίο που διήρκεσε από τουλάχιστον 4,2 έως <2,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν.
- Γι άγνωστες αιτίες το πεδίο αυτό χάθηκε.



Η μεταλλουργία στη Σελήνη

Element	Continental crust, weight %	Lunar sample 10017, weight %
Oxygen	45.20	40.7
Silicon	27.20	19.6
Aluminum	8.00	4.4
Iron	5.80	14.6
Calcium	5.06	8.2
Magnesium	2.77	4.8
Sodium	2.32	0.347
Potassium	1.68	0.206
Titanium	0.86	7.0
Hydrogen	0.14	---
Manganese	0.10	0.148
Phosphorus	0.10	---
Total	99.23	100.001

- Η μελέτη των δειγμάτων έδειξε ότι η Σελήνη είναι παρόμοιας σύνθεσης με τη Γη και αυτός είναι ο λόγος που αναμένεται ανάλογη διαθεσιμότητα μετάλλων από το υπέδαφός της (γεωχημική διαθεσιμότητα).