

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ- ΣΕΛΗΝΗΣ

ΦΙΛΙΠΠΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΜΠΑΚΟΥΛΑ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2020-2021

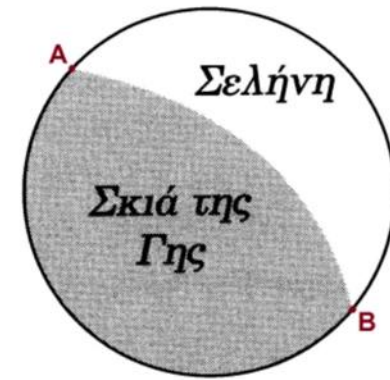
ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ

- Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος βασίστηκε σε μια σεληνιακή έκλειψη για να εκτιμήσει τη διάμετρο της Σελήνης
- Αργότερα ο Ίππαρχος ήλθε να βελτιώσει την εκτίμηση αυτή.
- Την ίδια γεωμετρία χρησιμοποίησε έπειτα από πολλούς αιώνες και ο Κοπέρνικος στο *De Revolutionibus orbium coelestium* (Περί της περιστροφής των ουράνιων σφαιρών).

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ

Αν s =ακτίνα του κύκλου της σκιάς της Γης και a =η ακτίνα της Σελήνης, το μαθηματικό πρόβλημα που τίθεται είναι να βρούμε τον λόγο s/a .

Αν λοιπόν διαθέτουμε μια καθαρή φωτογραφία από μια έκλειψη Σελήνης, τότε ονομάζουμε Α και Β τα σημεία τομής των δυο κύκλων

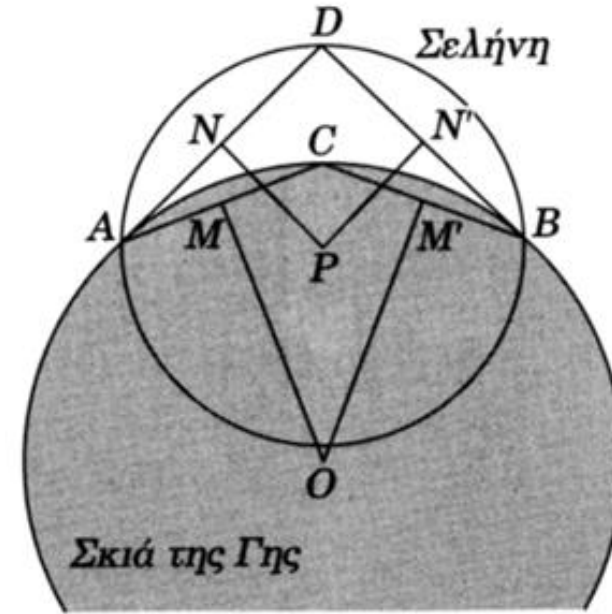


Εικόνα 1

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ

Σύμφωνα με το σχήμα 1, N και N' είναι τα μέσα των χορδών AD και DB. Οι κάθετοι που άγονται από αυτά τα σημεία τέμνονται στο σημείο P, οπότε το μήκος DP εκφράζει την ακτίνα της Σελήνης στο σχήμα.

Με παρόμοιο τρόπο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το τμήμα OC παριστάνει την ακτίνα της σκιάς της Γης σε απόσταση ίση με την ακτίνα της τροχιάς της Σελήνης. Έτσι: $OC/DP = s/a$



Σχήμα 1

Η ακτίνα της Σελήνης

Χρησιμοποιώντας τον παραπάνω λόγο μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτίνα της Σελήνης (και στη συνέχεια την απόσταση μεταξύ Γης – Σελήνης) θεωρώντας στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 2) :

$ES=D$ =απόσταση Ήλιου Γης

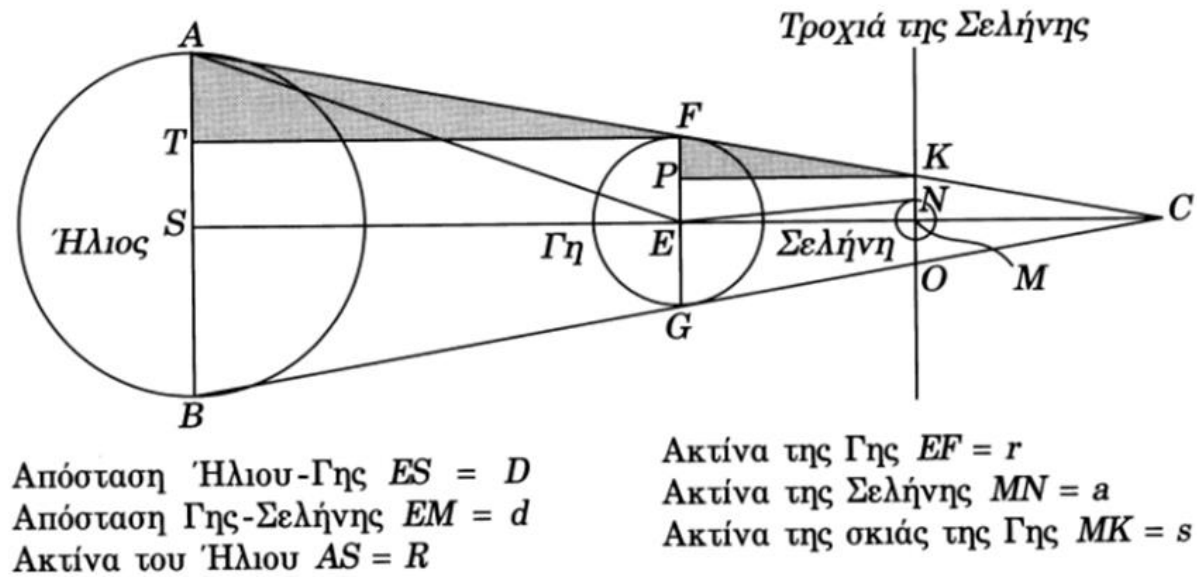
$EM=d$ =απόσταση Γης – Σελήνης

$AS=R$ =ακτίνα του Ήλιου

$EF=r$ =ακτίνα της Γης

$MN=a$ =ακτίνα της Σελήνης

$MK=s$ =ακτίνα της Γης MK



Σχήμα 2

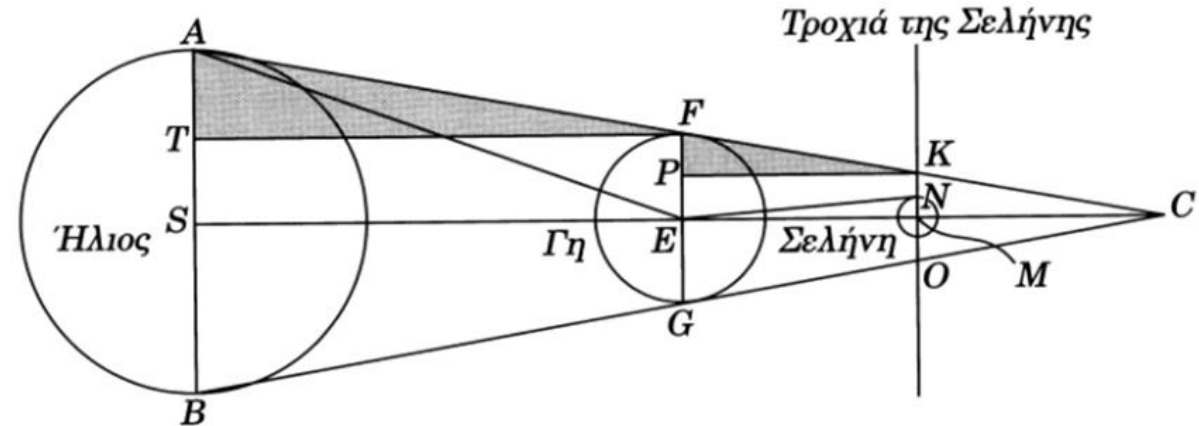
Η ακτίνα της Σελήνης

Αν ο Ήλιος απέχει από τη Γη απόσταση n φορές μεγαλύτερη απ' ότι η Σελήνη, τότε μπορούμε να γράψουμε:
 $SE = n \cdot EM$ ή σύμφωνα με τους παραπάνω συμβολισμούς:

$$n = SE/EM = D/d \quad (1)$$

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από την παρατήρηση των ηλιακών εκλείψεων, ο Ήλιος και η Σελήνη έχουν την ίδια φαινόμενη διάμετρο, διότι φαίνονται υπό την ίδια (περίπου) γωνία στον ουρανό.

Συνεπώς:
 $\gamma\omega\nu\iota\alpha(AES) = \gamma\omega\nu\iota\alpha(MEN)$



Απόσταση Ήλιου-Γης $ES = D$
Απόσταση Γης-Σελήνης $EM = d$
Ακτίνα του Ήλιου $AS = R$

Ακτίνα της Γης $EF = r$
Ακτίνα της Σελήνης $MN = a$
Ακτίνα της σκιάς της Γης $MK = s$

Σχήμα 2

Η ακτίνα της Σελήνης

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι τα τρίγωνα ASE και NME είναι όμοια (έστω και αν δεν φαίνονται στο σχήμα 2, το οποίο δεν συνιστά ακριβή απεικόνιση υπό κλίμακα της γεωμετρίας της σεληνιακής έκλειψης).

Έτσι από την ομοιότητα των τριγώνων και βάσει της εξίσωσης (1) έχουμε

$$AE/NE=AS/NM=SE/ME=n$$

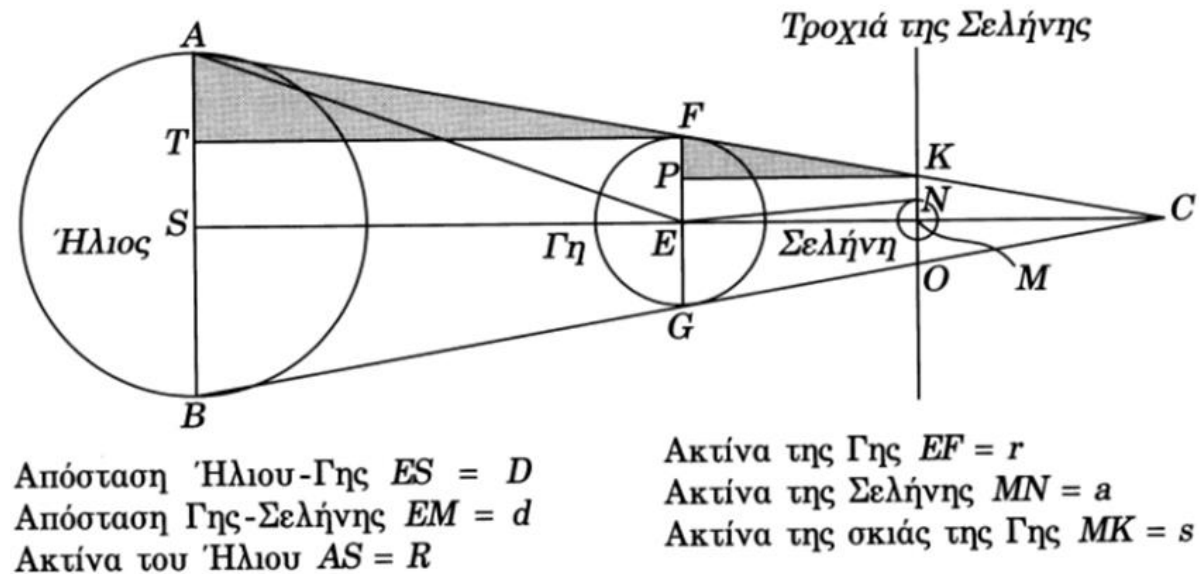
οπότε

$$n=AS/MN=R/a \quad (2)$$

Τα τρίγωνα ATF και FPK είναι επίσης όμοια, οπότε παίρνουμε τις αναλογίες

$$TF/PK=AT/FP \text{ ή } SE/EM=AT/FP=(SA-TS)/(FE-PE) \text{ ή}$$

$$SE/EM=(SA-FE)/(FE-KM) \quad (3)$$



Σχήμα 2

Η ακτίνα της Σελήνης

Αν εισάγουμε στην εξίσωση (3) τα σύμβολα που καθορίσαμε για τα χαρακτηριστικά μήκη του προβλήματος και λάβουμε υπόψη τις εξισώσεις (1) και (2), καταλήγουμε στη σχέση

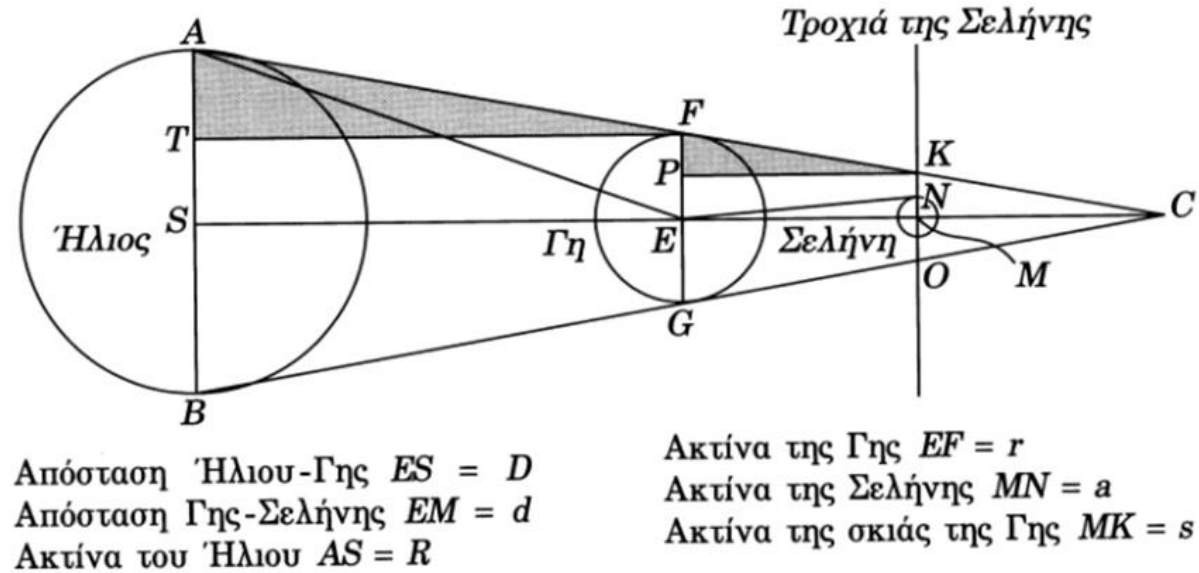
$$D/d = n = (R-r)/(r-s) \quad (4)$$

Μπορούμε να αναδιατάξουμε τους όρους της εξίσωσης (4) και να πάρουμε

$$a(1 + s/a) = r(1 + 1/n) \quad (5)$$

Στην παραπάνω σχέση ο λόγος s/a υπολογίζεται με τον τρόπο που περιγράφηκε στην αρχή κατά την διάρκεια μιας μερικής έκλειψης της Σελήνης.

Στον αριθμό n που εκφράζει τον λόγο της απόστασης Γης – Ήλιου προς την απόσταση Γης – Σελήνης, ο Αρίσταρχος είχε δώσει την τιμή 20. Όμως πραγματική τιμή του είναι πολύ μεγαλύτερη, οπότε ο λόγος $1/n$ είναι πολύ μικρός σε σχέση με την μονάδα και μπορεί να παραληφθεί από την εξίσωση (5).



Σχήμα 2

Η ακτίνα της Σελήνης

Η ακτίνα της Γης r μπορεί να υπολογιστεί (χωρίς την χρήση της μοντέρνας τεχνολογίας) με την κλασσική μέθοδο του Ερατοσθένη

Το πείραμα του Ερατοσθένη θα μπορούσε εύκολα να επαναληφθεί. Αν σε δυο σημεία που βρίσκονται πάνω στον ίδιο μεσημβρινό (και απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 500 km) τοποθετηθούν σε επίπεδο έδαφος κατακόρυφες ράβδοι και μετρηθεί το μήκος της σκιάς τους την ίδια χρονική στιγμή, τότε μπορούν να μετρηθούν οι γωνίες φ και β . Είναι εύκολο να αποδειχθεί ότι: $\theta = \beta - \varphi$

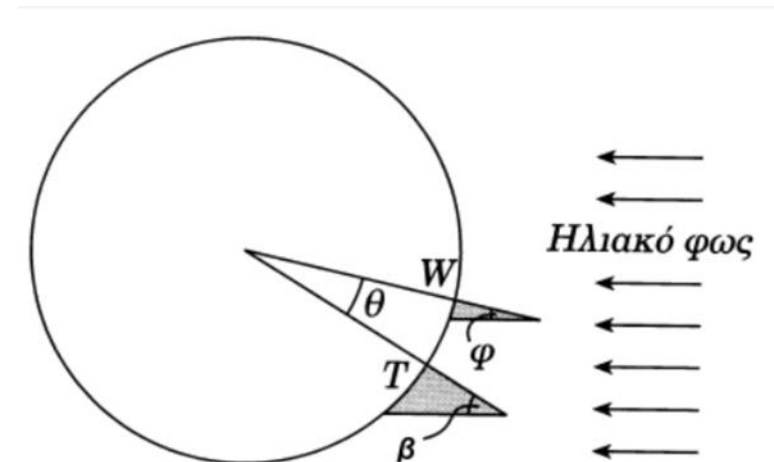
Στηριζόμενοι σε απλές αναλογίες, καταλήγουμε στο αποτέλεσμα

$S/2\pi r = \theta/360$ όπου r η ακτίνα της Γης και S η απόσταση των σημείων W και T . Λύνοντας ως προς r υπολογίζουμε την ακτίνα της Γης

$$r = S \cdot 360 / 2\pi\theta \quad (6)$$

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω και την εξίσωση $OC/DP = s/a$ υπολογίζουμε την ακτίνα της Σελήνης

$$a \approx \frac{r}{1 + s/a} \quad (7)$$



Εικόνα 2

Η απόσταση Γης – Σελήνης

Η ακτίνα της Σελήνης r μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει της απόστασης Γης-Σελήνης d , αρκεί να μετρήσουμε την γωνιακή διάμετρο της Σελήνης.

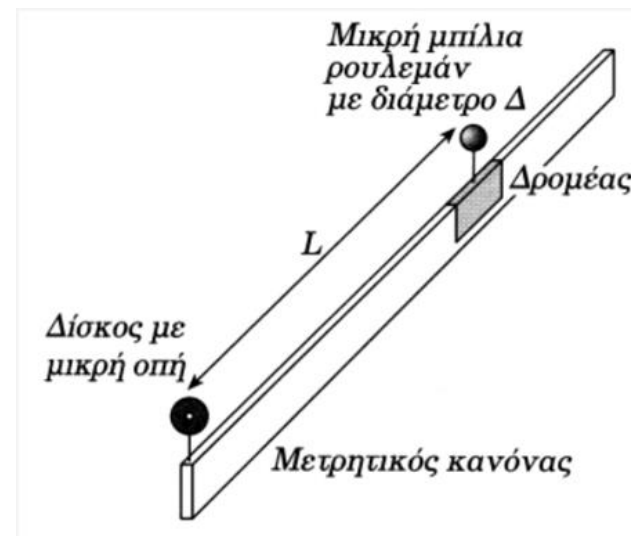
Μπορούμε να την μετρήσουμε άμεσα αν χρησιμοποιήσουμε τη διάταξη του παρακάτω σχήματος (Σχήμα 3)

Ο δρομέας στη διάταξη του σχήματος 5 μπορεί να κινείται ελεύθερα κατά μήκος του μετρητικού κανόνα. Πάνω στον δρομέα στερεώνεται ένα μικρό χαλύβδινο σφαιρίδιο (π.χ. μια μπίλια ρουλεμάν) διαμέτρου περίπου 6 mm. Στο ένα άκρο του κανόνα προσαρμόζεται ένας δίσκος με μια μικρή οπή. Στηρίζουμε τον κανόνα σε μια ακλόνητη βάση και παρατηρούμε τη Σελήνη μέσα από τη μικρή οπή του σταθερού δίσκου. Εν συνεχεία μετακινούμε το δρομέα έτσι ώστε το χαλύβδινο σφαιρίδιο να καλύψει ακριβώς το δίσκο της Σελήνης. Στη θέση αυτή, η γωνία υπό την οποία φαίνεται το σφαιρίδιο συμπίπτει με εκείνη υπό την οποία φαίνεται η Σελήνη:

$$\varepsilon\psi = \Delta/L$$

Συνεπώς η γωνιακή διάμετρος της Σελήνης υπολογίζεται από την εξίσωση

$$\psi = \text{τοξ}\varepsilon\varphi(\Delta/L) \quad (8)$$



Σχήμα 3

Επειδή εμείς ενδιαφερόμαστε για την γωνιακή ακτίνα της σελήνης θα χρησιμοποιήσουμε το μισό αυτής της γωνίας οπότε η σχέση της ακτίνας a της Σελήνης με την απόσταση Γης – Σελήνης d θα είναι

$$a = d \varepsilon\varphi(\psi/2)$$

και από την εξίσωση (7) θα έχουμε για την απόσταση Γης – Σελήνης:

$$d \approx \frac{r}{(1 + s/a) \varepsilon\varphi \frac{\psi}{2}}$$

Οι τιμές των αλεξανδρινών αστρονόμων

Ο Ίππαρχος χρησιμοποίησε τις τιμές

$$s/a = 8/3 \text{ και } \psi = 31'$$

Έτσι οδηγήθηκε στην σχέση

$$d \approx a \cdot 220$$

Για την ακτίνα r της Γης, υιοθέτησε την τιμή των 6500 km του Ερατοσθένη. Εάν χρησιμοποιήσουμε αυτή την τιμή παίρνουμε από την εξίσωση (7) για την ακτίνα της Σελήνης

$$a \approx 1773 \text{ km}$$

οπότε η απόσταση Γης-Σελήνης θα είναι

$$d \approx 390000 \text{ km}$$

Οι παραπάνω τιμές βρίσκονται πολύ κοντά στις τιμές που είναι αποδεκτές σήμερα (ακτίνα Σελήνης = 1738 km και η απόσταση Γης – Σελήνης κυμαίνεται μεταξύ 356000 km έως 466700 km)

ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Σήμερα είναι γνωστό ότι η σελήνη , ο μοναδικός δορυφόρος της Γης, δεν παράγει ενέργεια στις περιοχές του πυρήνα της, αλλά ανακλά το ηλιακό φως που δέχεται. Είναι δηλαδή σώμα ετερόφωτο. Λόγω αυτού του γεγονότος το φωτεινό κομμάτι του σεληνιακού δίσκου μεταβάλλεται συνεχώς, αναλόγως των σχετικών θέσεων στις οποίες βρίσκονται η Σελήνη, η Γη και ο Ήλιος. Τις διαφορετικές μορφές του σχήματος του φωτισμένου τμήματος του σεληνιακού δίσκου, τις ονομάζουμε φάσεις της Σελήνης.

- a) Αν η Σελήνη βρίσκεται μεταξύ Ήλιου και Γης (σύνοδος Σελήνης-Ηλίου), ολόκληρος ο δίσκος της είναι σκοτεινός. Τότε έχουμε νέα Σελήνη ή νουμηνία.
- b) Όταν η Γη κατέχει την κορυφή της ορθής γωνίας που σχηματίζεται από τον Ήλιο, τη Σελήνη και τη Γη (τετραγωνισμός Σελήνης-Ηλίου), τότε έχουμε φωτισμένο το πρώτο σεληνιακό τέταρτο

- c) Όταν η Γη βρίσκεται ανάμεσα στον Ήλιο και τη Σελήνη (Σελήνη σε αντίθεση με τον Ήλιο), φωτίζεται ολόκληρος ο δίσκος της Σελήνης και τότε έχουμε πανσέληνο.
- d) Τέλος, όταν η Σελήνη, η Γη και ο Ήλιος σχηματίζουν γωνία 270 μοιρών με κορυφή τη Γη, τότε δημιουργείται το τελευταίο τέταρτο της Σελήνης (η Σελήνη σε τετραγωνισμό με τον Ήλιο).

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, εκτός από τις προηγούμενες, το φωτισμένο μέρος της Σελήνης έχει τη μορφή μηνίσκου (μισοφέγγαρο).

Ενδιαφέρον είναι να σημειώσουμε ότι λίγες ημέρες μετά τη νέα Σελήνη –όταν το σχήμα του φωτισμένου μέρους της είναι ένας λεπτότατος λαμπρός μηνίσκος- μπορούμε να διακρίνουμε με μεγάλη ευκολία και τις λεπτομέρειες του σκοτεινού της τμήματος, εφόσον αυτό φωτίζεται από το ηλιακό φως που ανακλάται από τη Γη προς τη Σελήνη. Το φως αυτό ονομάζεται «τεφρώδες φως». Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι αν παρατηρήσουμε τη Γη από τη Σελήνη θα δούμε ότι και αυτή παρουσιάζει φάσεις, αφού είναι σώμα ετερόφωτο.



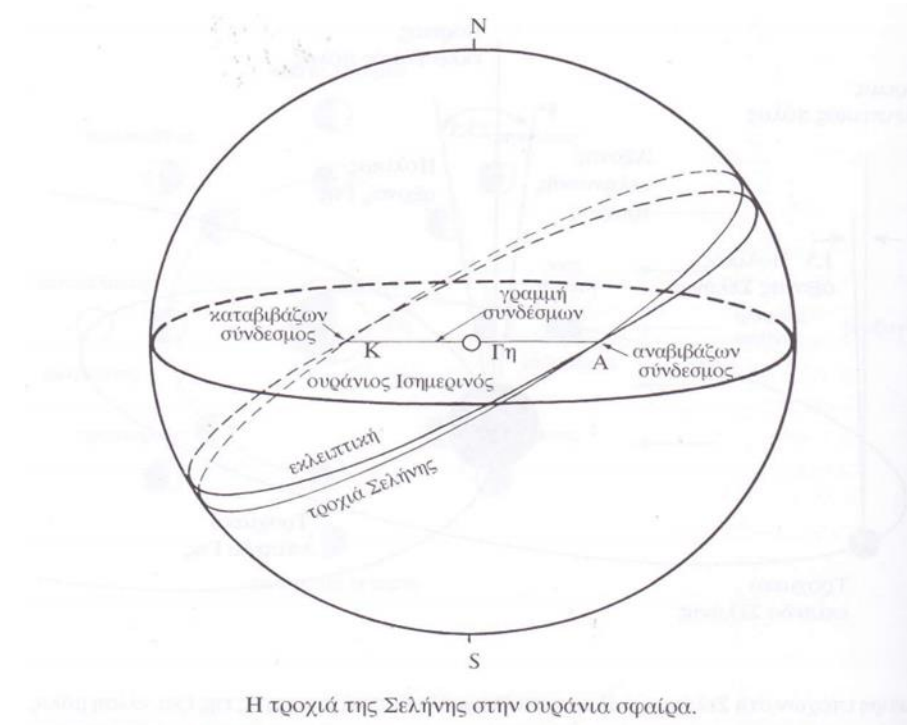
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ - ΣΕΛΗΝΙΑΚΟΙ ΜΗΝΕΣ

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:

1. Περιφέρεται γύρω από τη Γη. Αυτός ο χρόνος, περιφοράς της καθορίζει τη διάρκεια του σεληνιακού μήνα. Επειδή όμως η κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη δεν είναι ομαλή και στις με τρήσεις της διάρκειας μιας πλήρους περιφοράς της υπεισέρχονται σφάλματα λόγω της ταυτόχρονης κίνησης της Γης γύρω από τον Ήλιο, μπορούμε να ορίσουμε τα επόμενα, διαφορετικά είδη σεληνιακών μηνών:

ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ - ΣΕΛΗΝΙΑΚΟΙ ΜΗΝΕΣ

- a) Συνοδικός μήνας που είναι ο χρόνος μεταξύ δύο ομώνυμων φάσεων της Σελήνης και διαρκεί 29,530589 ημέρες (ή 29 μέρες 12 ώρες και 44 λεπτά).
- b) Αστρικός μήνας ονομάζεται ο χρόνος που χρειάζεται η Σελήνη προκειμένου να ξαναπροβληθεί στον ουρανό στη θέση που κατέχει ένα συγκεκριμένο αστέρι. Ο χρόνος αυτός ισούται με 27,32166 ημέρες (ή 27 ημέρες 7 ώρες και 43 λεπτά)
- c) 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. Το πρώτο σημείο ονομάζεται αναβιβάζων σύνδεσμος, λόγω του γεγονότος ότι η Σελήνη περνώντας απ' αυτό ανεβαίνει απ' το νότιο ημισφαίριο στο βόρειο. Για τον αντίθετο λόγο το δεύτερο σημείο ονομάζεται καταβιβάζων σύνδεσμος. Ο δρακόντειος μήνας διαρκεί 27,212218 ημέρες



- d) Τροπικός μήνας καλείται ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να επανέλθει η Σελήνη στο εαρινό ισημερινό σημείο, γ (βλέπε σχήμα 737) και ισούται με 27,321582 ημέρες. Η διαφορά που προκύπτει μεταξύ του τροπικού και του συνοδικού μήνα δημιουργείται από το ότι η γραμμή των ισημεριών δεν παραμένει σταθερή, αλλά κινείται κατά την ανάδρομη φορά.
- e) Ανωμαλιακός μήνας είναι ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων της Σελήνης από το περίγειο της τροχιάς της. Ο ανωμαλιακός μήνας ισούται με 27,554555 ημέρες

ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ - ΣΕΛΗΝΙΑΚΟΙ ΜΗΝΕΣ

2. Μια δεύτερη κίνηση που εκτελεί η Σελήνη είναι η περιστροφή 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!
3. Η τελευταία φαινομένη κίνηση που εκτελεί η Σελήνη είναι εκείνη μιας γενικής λίκνισης , λόγω της οποίας μπορούμε να παρατηρούμε ποσοστό λίγο μεγαλύτερο από το μισό της σεληνιακής επιφάνειας, για την ακρίβεια το 59%.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΛΗΝΗΣ

- Η διάμετρος της Σελήνης είναι 3.474 χιλιόμετρα, δηλαδή είναι ίση με το 27% της γήινης διαμέτρου.
- Η μάζα της ($7,35 \times 10^{25}$ grams) , όμως, είναι πολύ μικρότερη, μιας και αντιστοιχεί μόλις στο 1,2% της μάζας της Γης.
- Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών οδηγεί σε ένα αρκετά ασθενές βαρυτικό πεδίο στην επιφάνειά της.
- Η βαρυτική δύναμη που θα σας ασκούσε η Σελήνη, εάν περπατούσατε στην επιφάνειά της, θα αντιστοιχούσε περίπου στο 16,5% της βαρυτικής δύναμης που σας ασκεί η Γη
- Η σελήνη 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.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΛΗΝΗΣ

- Το 1610 ο Γαλιλαίος, σύμφωνα με αναφορές , ήταν ο πρώτος αστρονόμος που παρατήρησε την επιφάνεια της Σελήνης με τηλεσκόπιο
- Το 1878, ο Ιούλιος Σμιτ (Julius Schmidt, 1825-1884), διευθυντής του Αστεροσκοπείου Αθηνών, μετά από οπτικές παρατηρήσεις 30 ετών, έδωσε τον πρώτο λεπτομερή και ακριβή χάρτη της σεληνιακής επιφάνειας.
- Η χημική σύσταση του εδάφους της Σελήνης, όπως πλέον γνωρίζουμε, είναι περίπου η ίδια με τη γήινη, ενώ δεν βρέθηκαν πουθενά πάνω της ενδείξεις μορφών ζωής.
- Το 1995 η μελέτη των στοιχείων που έστειλε η διαστημική βολίδα Κλημεντίνη έδωσε θετικές ενδείξεις ως προς τη δυνατότητα ύπαρξης νερού. Στις 13 Νοεμβρίου 2009 η NASA ανακοίνωσε ότι η αποστολή LCROSS, με μια ελεγχόμενη συντριβή συσκευής στον νότιο πόλο της σελήνης κατάφερε να ανακαλύψει σημαντικές ποσότητες νερού.
- Η Σελήνη δεν είναι ένα σώμα σεισμικά ήρεμο, εφόσον δημιουργούνται σεισμικά γεγονότα τόσο στην επιφάνειά της, όσο και σε μεγαλύτερα βάθη.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΛΗΝΗΣ

- Η Σελήνη είναι κατάστικτη από «κρατήρες», ίχνη ενός ξεχασμένου παρελθόντος, που σχηματίστηκαν όταν διάφοροι μετεωρίτες προσέκρουαν στην επιφάνειά της.
- Έχουν χαρτογραφηθεί πάνω από 30.000 κρατήρες με διάμετρο από ένα μέχρι τριακόσια χιλιόμετρα και σε πολλούς απ' αυτούς έχουν δοθεί ονόματα διάσημων αστρονόμων όπως του Αρίσταρχου, του Κοπέρνικου, του Κέπλερ κ.ά. Τρεις από τους σεληνιακούς κρατήρες φέρουν τα ονόματα τριών νεότερων Ελλήνων αστρονόμων, των Αντωνιάδη, Παρασκευόπουλου και Φωκά, ως ένα ελάχιστο δείγμα αναγνώρισης της συμβολής τους στην προσπάθεια αποκάλυψης των μυστικών της Σελήνης.
- Σε άλλες περιοχές της σεληνιακής επιφάνειας διακρίνονται μεγάλα βουνά, ύψους μέχρι και 8 χιλιομέτρων, τα οποία ονομάζουμε «όρη», και μάλλον έχουν δημιουργηθεί ως αποτέλεσμα των μεγάλων και βίαιων εδαφολογικών μεταβολών που προκλήθηκαν στο παρελθόν, από την πτώση μεγάλων μετεώρων στην επιφάνεια Σελήνης.
- Στα όρη και τις οροσειρές της Σελήνης έχουν δοθεί τα ονόματα γήινων όρεων και οροσειρών (Καρπάθια (2.900 m), Απέννινα (5.500 m), Άλπεις (3.000 m))
- Η υψηλότερη απ' όλες τις κορυφές καλείται Λάιμπνιτς (Leibniz) με ύψος 8.000 m.
- Η σεληνιακή επιφάνεια χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μεγάλων επίπεδων περιοχών που κατά πάσα πιθανότητα σχηματίστηκαν από μια παλαιότερη ηφαιστειακή δράση και ονομάστηκαν «θάλασσες», αν και δεν έχουν ούτε ίχνος νερού. Στην ορατή πλευρά της Σελήνης μπορούμε να διακρίνουμε 30 θάλασσες.
- Η μεγαλύτερη απ' αυτές ονομάζεται Ωκεανός των Καταιγίδων και έχει διάμετρο 1.500 χιλιόμετρα.
- Στη σεληνιακή επιφάνεια διακρίνουμε κάποιους μεγάλης έκτασης ηφαιστειογενείς εδαφικούς σχηματισμούς, αποτελούμενους από βασαλτικά πετρώματα ηλικίας 4.600.000.000 ετών, δηλαδή όση είναι περίπου και η ηλικία του πλανητικού μας συστήματος, που ονομάστηκαν «ήπειρου».

ΣΕΛΗΝΙΑΚΕΣ ΕΚΛΕΙΨΕΙΣ

Έκλειψη ονομάζουμε το φαινόμενο κατά το οποίο η Γη παρεμβάλλεται μεταξύ του Ηλίου και της Σελήνης, με αποτέλεσμα την απόκρυψη του σεληνιακού δίσκου, εφόσον αυτός παύει να δέχεται, άρα και να ανακλά προς τη Γη, το ηλιακό φως.

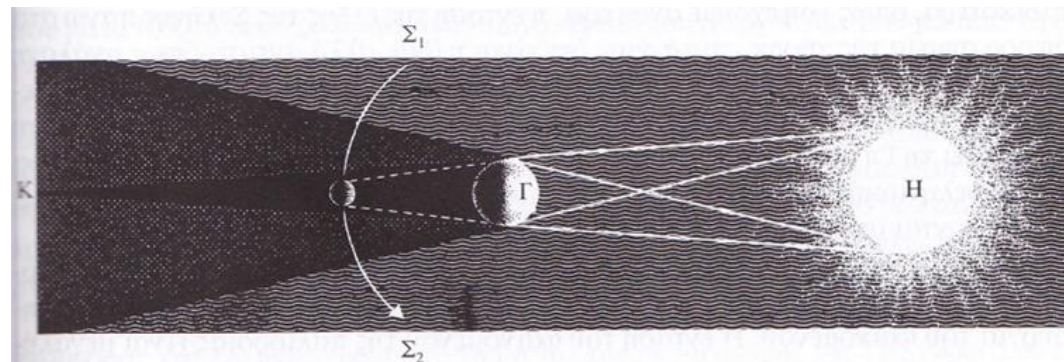
Οι εκλείψεις, αναλόγως του αν αποκρύπτεται ολόκληρο ή μέρος του σεληνιακού δίσκου, ονομάζονται αντίστοιχα ολικές ή μερικές. Ειδικότερα: αν η Σελήνη εισέρχεται όλη στον κώνο σκιάς της Γης, έχουμε το φαινόμενο της ολικής έκλειψης, ενώ αν εισέρχεται μερικώς έχουμε τη μερική έκλειψη. Σημειώνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις η έκλειψη είναι ίδια για όλη τη Γη και την ημέρα εκείνη, η Σελήνη βρίσκεται στη φάση της πανσελήνου.

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.

ΣΕΛΗΝΙΑΚΕΣ ΕΚΛΕΙΨΕΙΣ

Τόσο οι ηλιακές όσο και οι σεληνιακές εκλείψεις υπολογίζονται πλέον με ακριβή μαθηματικό αλγόριθμο. Εντούτοις υπενθυμίζουμε τον γνωστό στους αρχαίους αστρονόμους χρονικό κύκλο Σάρο, των 225 σεληνιακών συνοδικών μηνών ή 18 ετών και 11 περίπου ημερών, κατά τον οποίον οι εκλείψεις επαναλαμβάνονταν με την ίδια σειρά.

Ο μέγιστος αριθμός εκλείψεων που συμβαίνουν σ' ένα έτος είναι επτά. Απ' αυτές πέντε είναι ηλιακές και δύο σεληνιακές ή τέσσερις και τρεις και αντίστροφα. Πάντως, σε κάθε τόπο, οι εκλείψεις της Σελήνης είναι συχνότερες γιατί είναι πάντα ορατές, αντίθετα με τις ηλιακές εκλείψεις που φαίνονται μόνον από ορισμένες περιοχές της Γης.



Η μεγάλη σφαίρα με κέντρο Η είναι ο Ήλιος και η μικρότερη σφαίρα με κέντρο Γ είναι η Γη. Το τόξο $\Sigma_1\Sigma_2$ είναι η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη. Οι κοινές εξωτερικές εφαπτόμενες των δύο αυτών σφαιρών ορίζουν έναν σκιερό κώνο με κορυφή το Κ και ύψος ΓΚ. Αν η Σελήνη βρεθεί, μερικώς ή ολικώς στο εσωτερικό του προαναφερθέντος κώνου, τότε έχουμε μερική ή αντίστοιχα ολική έκλειψη Σελήνης. Σημειώνουμε ότι αναγκαία συνθήκη για να συμβεί έκλειψη είναι η Σελήνη να βρίσκεται σε αντίθεση, δηλαδή στη φάση της πανσελήνου.

ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

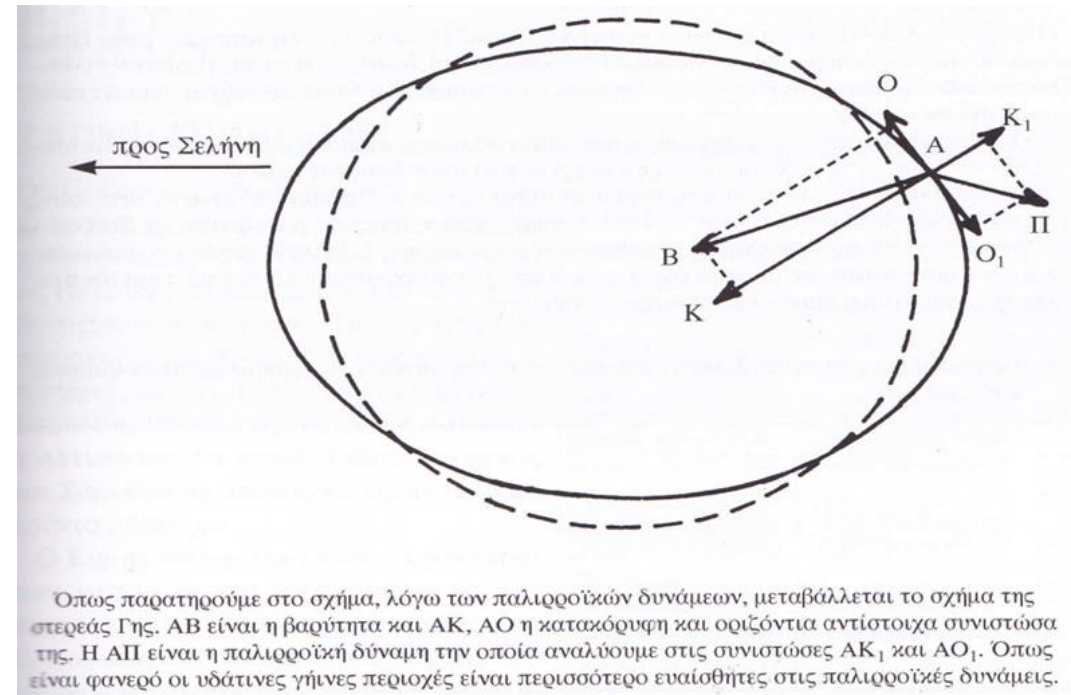
- Γενικά όλοι γνωρίζουμε ότι οι υδάτινες επιφάνειες (λίμνες, ποτάμια κ.ά.) υφίστανται μια περιοδική μεταβολή του ύψους τους που διαρκεί λίγο περισσότερο από μία ημέρα.
- Το φαινόμενο της ανύψωσης της στάθμης των υδάτων ονομάζεται πλημμυρίς, ενώ της βύθισης, άμπωτης.
- Το συνολικό φαινόμενο ονομάζεται παλίρροια και οφείλεται στην έλξη που ασκεί η Σελήνη στα διαφορετικά σημεία της γήινης επιφάνειας.
- Η ένταση της έλξης της Σελήνης πάνω στα διάφορα σημεία της γήινης επιφάνειας δεν είναι η ίδια, αλλά αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης των συγκεκριμένων σημείων από το κέντρο της Σελήνης. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι η ανύψωση της στάθμης των υδάτων, στη διεύθυνση που συνδέει τη Γη με τη Σελήνη (περιοχές ελάχιστης απόστασης από τη Σελήνη, άρα μεγάλης σεληνιακής έλξης), και η βύθισή τους στις περιοχές της γήινης επιφάνειας, που βρίσκονται σε διευθύνσεις κάθετες προς την προηγούμενη.
- Η εξήγηση του φαινομένου των παλίρροιών δόθηκε για πρώτη φορά από τον Νεύτωνα, ο οποίος σημείωσε και τη συνεισφορά των ηλιακών παρέλξεων (30%) στη δημιουργία του φαινομένου.
- Η ένταση του φαινομένου της παλίρροιας είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των συζυγιών, όταν προστίθεται η έλξη του Ήλιου και μικρότερη κατά την περίοδο των τετραγωνισμών.
- Η ανύψωση της στάθμης των υδάτων εξαρτάται από την εν γένει διαμόρφωση των ακτών, της έντασης των ανέμων, της πίεσης κ.ά. Με τον τρόπο αυτόν στους στενούς κόλπους, όπως στον κόλπο Fundy στον Καναδά, η ανύψωση της στάθμης μπορεί να φτάσει και τα 15 μέτρα, ενώ στις ανοιχτές θάλασσες, μόλις φθάνει το ένα μέτρο.
- Αντίστοιχα φαινόμενα, πολύ μεγαλύτερης, όμως, έκτασης, μπορούν να συμβούν μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα

ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

- 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 αύξηση αυτή διαπιστώθηκε από τη σύγκριση μεταξύ του παρατηρηθέντος χρόνου των εκλείψεων και του θεωρητικά αναμενόμενου.
- Η επιβράδυνση αυτή, λόγω της αρχής διατήρησης της κινητικής ροπής, έχει ως συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη, γεγονός που προκαλεί μια συνεχή απομάκρυνσή της από τον πλανήτη μας. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση της ημέρας δεν θα παραμένει σταθερή, αλλά θα μεταβάλλεται μεταβαλλόμενης της απόστασης της Σελήνης, άρα και της τριβής που προκαλεί η παλίρροια στα ρηχά των θαλασσών με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της περιστροφής της Γης.
- Η απομάκρυνση αυτή θα συνεχίζεται μέχρι τη στιγμή που θα εξισωθούν οι χρόνοι περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη και της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της. Όταν θα συμβεί αυτό το γεγονός, όπως υπολογίζεται μετά από 5×10^{10} χρόνια, η γήινη ημέρα θα διαρκεί 47 σημερινές ημέρες!
- Οι σεληνιακές παρέλξεις όμως, όπως έχει αποδειχθεί, έχουν επιπτώσεις και στην εξέλιξη γήινων πειραμάτων. Οι ερευνητές A. Hufmann και G. Fischer, εργαζόμενοι στον γραμμικό επιταχυντή Stanford στην Καλιφόρνια διαπίστωσαν ότι η ενέργεια μιας σωματιδιακής δέσμης μεταβαλλόταν με μια περίοδο 12 περίπου ωρών. Όπως απέδειξαν οι δύο επιστήμονες το φαινόμενο αυτό οφειλόταν στις παρέλξεις της Σελήνης, οι οποίες παραμόρφωναν περιοδικά τον γιγαντιαίο δακτύλιο μετα στον οποίο επιταχύνονταν τα σωματίδια.

ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

- Παρόλο που η μάζα της Γης είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη μάζα της Σελήνης, εξαιτίας των παλιρροϊκών δυνάμεων που της ασκεί η Σελήνη, ο ρυθμός περιστροφής της Γης μειώνεται σταδιακά και, επομένως, η διάρκεια της ημέρας αυξάνεται.
- Το φαινόμενο αυτό με το πέρασμα του χρόνου εξασθενεί, αλλά όλα δείχνουν ότι στο παρελθόν η διάρκεια της ημέρας στον πλανήτη μας ήταν μικρότερη.
- Σύμφωνα με τους ερευνητές, πριν από 600 εκατομμύρια χρόνια μια πλήρης περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της διαρκούσε 21 ώρες, ενώ μερικά εκατομμύρια χρόνια μετά τον σχηματισμό της η αντίστοιχη διάρκεια ενδέχεται να ήταν μικρότερη από 10 ώρες.
- Όπως είναι αναμενόμενο, η μείωση της ταχύτητας περιστροφής της Γης οδηγεί σε μείωση της περιστροφικής της ενέργειας. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, λόγω τριβών στο εσωτερικό της Γης και στους ωκεανούς, ενώ ένα άλλο μέρος της μεταφέρεται στη Σελήνη, με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους της σεληνιακής τροχιάς.



Εικόνα 6

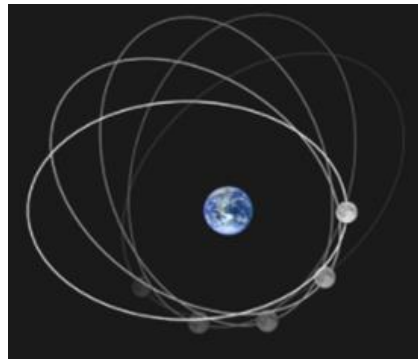
- Πράγματι, όλα δείχνουν ότι στο παρελθόν η Σελήνη ήταν πολύ πιο κοντά στη Γη απ' ό,τι είναι σήμερα και πλέον απομακρύνεται από εμάς περίπου κατά 3,8 εκατοστά κάθε χρόνο.

ΚΛΙΣΗ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ

- Η μέση κλίση της σεληνιακής τροχιάς στο εκλειπτικό επίπεδο είναι 5.145° .
- Η παρούσα κλίση σε σχέση με το εκλειπτικό επίπεδο προέκυψε από την παλιρροιακή εξέλιξη από μια προηγούμενη τροχιά κοντά στη Γη με μια αρκετά σταθερή κλίση σε σχέση με τον Ισημερινό. Θα απαιτούσε μια κλίση αυτής της προηγούμενης τροχιάς περίπου 10° προς τον ισημερινό για να παραχθεί μια παρούσα κλίση 5° προς την εκλειπτική.
- Πιστεύεται ότι αρχικά η κλίση προς τον ισημερινό ήταν κοντά στο μηδέν, αλλά θα μπορούσε να είχε αυξηθεί σε 10° μέσω της επιρροής των πλανητών που περνούν κοντά στη Σελήνη ενώ πέφτουν στη Γη.
- Εάν αυτό δεν είχε συμβεί, η Σελήνη θα βρίσκεται τώρα πολύ πιο κοντά στην έκλειψη και οι εκλείψεις θα ήταν πολύ πιο συχνές.
- 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 $6,688^\circ$ (αυτή είναι η κλίση).

ΚΛΙΣΗ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ

- 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 $6,688^\circ$ (αυτή είναι η κλίση).
- Όπως ανακαλύφθηκε από τον Ζακ Κασίνι το 1722, ο περιστροφικός άξονας της Σελήνης προεξέχει με τον ίδιο ρυθμό με το τροχιακό του επίπεδο, αλλά είναι 180° εκτός φάσης. Επομένως, η γωνία μεταξύ του εκλειπτικού και του σεληνιακού ισημερινού είναι πάντα 1.543° , παρόλο που ο περιστροφικός άξονας της Σελήνης δεν είναι σταθερός σε σχέση με τα αστέρια.
- Ο κύριος άξονας της ελλειπτικής τροχιάς της Σελήνης περιστρέφεται με μία πλήρη επανάσταση κάθε 8,85 χρόνια. Στην εικόνα 5, το ελλειπτικό σχήμα της τροχιάς της Σελήνης είναι υπερβολικά υπερβολικό από το σχεδόν κυκλικό του σχήμα για να κάνει την οπισθοδρόμηση.



Εικόνα 5

ΚΛΙΣΗ ΣΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ ΚΑΙ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗ ΑΚΙΝΗΣΙΑ

- 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. Εκείνη την εποχή ο φθίνων κόμβος ήταν ευθυγραμμισμένος με την ισημερία (το σημείο στον ουρανό με το δικαίωμα μηδενικής ανόδου και μηδενική απόκλιση). Οι κόμβοι κινούνται δυτικά περίπου 19° ετησίως.
- Ο Ήλιος διασχίζει έναν δεδομένο κόμβο περίπου 20 ημέρες νωρίτερα κάθε χρόνο.
- Όταν η κλίση της τροχιάς της Σελήνης στον ισημερινό της Γης είναι τουλάχιστον $18^{\circ} 20'$, το κέντρο του δίσκου της Σελήνης θα βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα κάθε μέρα από γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από $71^{\circ} 40'$ ($90^{\circ} - 18^{\circ} 20'$) βόρεια ή νότια.
- Όταν η κλίση είναι στο μέγιστο των $28^{\circ} 36'$, το κέντρο του δίσκου της Σελήνης θα βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα κάθε μέρα μόνο από γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από $61^{\circ} 24'$ ($90^{\circ} - 28^{\circ} 36'$) βόρεια ή νότια.

ΚΛΙΣΗ ΣΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ ΚΑΙ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗ ΑΚΙΝΗΣΙΑ

- Σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, θα υπάρχει μια περίοδος τουλάχιστον μίας ημέρας κάθε μήνα, όταν η Σελήνη δεν θα ανέβει, αλλά θα υπάρχει επίσης μια περίοδος τουλάχιστον μίας ημέρας κάθε μήνα, όταν η Σελήνη δεν θα δύει. Αυτό είναι παρόμοιο με την εποχιακή συμπεριφορά του Ήλιου, αλλά με περίοδο 27,2 ημερών αντί για 365 ημέρες.
- Ένα σημείο στη Σελήνη μπορεί πραγματικά να είναι ορατό όταν είναι περίπου 34 λεπτά τόξου κάτω από τον ορίζοντα, λόγω της ατμοσφαιρικής διάθλασης.
- Λόγω της κλίσης της τροχιάς της Σελήνης σε σχέση με τον ισημερινό της Γης, η Σελήνη βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα στο Βόρειο και Νότιο Πόλο για σχεδόν δύο εβδομάδες κάθε μήνα, παρόλο που ο Ήλιος βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα για έξι μήνες κάθε φορά.
- Η περίοδος από την ανατολή του φεγγαριού έως την ανατολή του φεγγαριού στους πόλους είναι ένας τροπικός μήνας, περίπου 27,3 ημέρες, πολύ κοντά στην πλευρική περίοδο.
- Όταν ο Ήλιος είναι ο πιο απομακρυσμένος κάτω από τον ορίζοντα (χειμερινό ηλιοστάσιο), η Σελήνη θα είναι γεμάτη όταν βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο της.
- Όταν η Σελήνη βρίσκεται στους Δίδυμους, θα βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα στον Βόρειο Πόλο και όταν βρίσκεται στον Τοξότη θα ανέβει στον Νότιο Πόλο.
- Το φως της Σελήνης χρησιμοποιείται από το ζωοπλαγκτόν στην Αρκτική όταν ο Ήλιος βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα για μήνες και πρέπει να ήταν χρήσιμο για τα ζώα που ζούσαν σε περιοχές της Αρκτικής και της Ανταρκτικής όταν το κλίμα ήταν πιο ζεστό.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΕΛΗΝΗΣ

- Η Σελήνη δεν διαθέτει ένα ενιαίο μαγνητικό πεδίο όπως η Γη.
- Κάποιοι βράχοι εμφανίζουν ασθενείς μαγνητικές ιδιότητες γεγονός που μας ωθεί να συμπεράνουμε ότι στερεοποιήθηκαν παρουσία κάποιου μαγνητικού πεδίου.
- Υπάρχουν επίσης μικρά, περιορισμένης έκτασης μαγνητικά πεδία, τα οποία εμφανίζονται ισχυρότερα σε περιοχές αντιδιαμετρικές περιοχών με λεκανοπέδια.
- Η προέλευση αυτών των μαγνητικών πεδίων, μας είναι άγνωστη.
- Ορισμένοι επιστήμονες πιθανολογούν ότι ο ισχυρός κλονισμός (shock) της πρόσπτωσης μεγάλου μεγέθους μετεωριτών είχε ως επακόλουθο τη γένεση των πεδίων αυτών.
- Άλλοι πάλι ισχυρίζονται ότι η Σελήνη όντως διέθετε μαγνητικό πεδίο, όμοιο με αυτό της Γης, το οποίο και κατέρρευσε από άγνωστη αιτία.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗ ΣΕΛΗΝΗ

- Η μεταλλουργία είναι η παρασκευή μετάλλων και κραμάτων από μεταλλεύματα ή άλλες πρώτες ύλες, καθώς και η κατεργασία των μετάλλων και των κραμάτων για την τροποποίηση των ιδιοτήτων αυτών των υλικών, υπήρχε στη Γη από την αρχαιότητα.
- Αυτό το ανεπτυγμένο πεδίο μπορεί τώρα να είναι έτοιμο για εφαρμογή στην παραγωγή μετάλλων στο διάστημα.
- Το πρώτο βήμα για τον καθορισμό πιθανών πηγών πρώτων υλών, είναι η εξερεύνηση. Το διαστημικό πρόγραμμα Απόλλων της NASA (1961-1962) αποκάλυψε ορισμένους σεληνιακούς πόρους. Η περαιτέρω εξερεύνηση θα αποκαλύψει αναμφίβολα επιπλέον.
- Η συγκέντρωση των περισσότερων μετάλλων στον φλοιό της Σελήνης, όπως και της Γης, είναι εξαιρετικά χαμηλή. Ένα μέταλλο πρέπει να συμπυκνωθεί επαρκώς σε ένα ορυκτό πριν από την εξόρυξη. Στον όρο εμπλουτισμός των μεταλλευμάτων περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι κατεργασίες που εφαρμόζονται στο εξορυσσόμενο μέταλλευμα με στόχο την αύξηση της περιεκτικότητάς του στο χρήσιμο ή τα χρήσιμα συστατικά που περιέχει. Η αύξηση της περιεκτικότητας πετυχαίνεται με απομάκρυνση μέρους του άχρηστου («στείρου» όπως ονομάζεται) υλικού το οποίο πάντα συνυπάρχει στο μέταλλευμα που εξορύσσεται. Τα ορυκτά τα οποία βρίσκονται μαζί με τα αξιοποιήσιμα και δεν έχουν οικονομικό ενδιαφέρον ονομάζονται σύνδρομα (gangue minerals).
- Η σημασία του εμπλουτισμού δεν μπορεί να τονιστεί αρκετά. Ο εμπλουτισμός αποτελεί το προηγούμενο αναγκαίο στάδιο κατεργασίας μεταλλευμάτων πριν τη μεταλλουργική κατεργασία για την εξαγωγή του μετάλλου ή των μετάλλων.
- Στη Σελήνη, ολόκληροι βράχοι μπορεί να είναι μεταλλεύματα για άφθονα στοιχεία, όπως το οξυγόνο, αλλά ο εμπλουτισμός θα είναι σημαντικός εάν αναζητούνται μεταλλικά στοιχεία από ακατέργαστο σεληνιακό βράχο.

Γεωχημική Διαθεσιμότητα

Ο Skinner (1976) παρείχε μια σαφή ανάλυση της γεωχημικής διαθεσιμότητας διαφόρων στοιχείων στη Γη. Οι βασικές έννοιες εφαρμόζονται άμεσα στη Σελήνη. Τα πιο άφθονα μέταλλα στον φλοιό της Γης είναι το πυρίτιο, το αλουμίνιο, ο σίδηρος, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο και το τιτάνιο (βλ. Πίνακα 12). Για σκοπούς σύγκρισης, η σύνθεση ενός τυπικού σεληνιακού βασάλτη, εκρηξιγενούς πετρώματος που σχηματίστηκε από στερεοποιημένη λάβα, που εξεράγη και έρευσε σε πεδία που δημιουργήθηκαν από προσκρούσεις αστεροειδών στη Σελήνη, [δείγμα 10017, όπως αναλύθηκε από τους Wanke et al. (1970)] παρουσιάζεται επίσης. Σε μια πρώτη προσέγγιση, οι συνθέσεις των επίγειων και σεληνιακών πετρωμάτων δεν είναι πολύ διαφορετικές. Αν και παρόμοιοι με τους γήινους βασάλτες, οι σεληνιακοί βασάλτες περιέχουν περισσότερο σίδηρο και όχι ορυκτά αλλοιωμένα από νερό.

TABLE 12. *Major Chemical Elements in the Earth's Crust and in a Typical Lunar Mare Basalt*

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

Βιβλιογραφία

- 'Σελήνη Γη' Meteoclub <http://www.meteoclub.gr/themata/nea/1952-sxesi-ghs-selhnis>
- "EVOLUTION OF THE EARTH-MOON SYSTEM" THE ASTRONOMICAL JOURNAL NOVEMBER 1994
<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1994AJ....108.1943T>
- "Σελήνη" astronomiagr
<https://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7>
- Case Rijdsijk – ελληνική έκδοση του περιοδικού QUANTUM Ιανουάριος/Φεβρουάριος 2000, Τόμος 7/ τεύχος 1
- "ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΠΟΥ ΕΔΥ ΣΟΥ Η ΘΕΛΞΗ" Ελευθέριος Ν. Οικονόμου, εκδόσεις Ευρασία
- "Το σύμπαν που αγάπησα : εισαγωγή στην αστροφυσική ", Μάνος Δανέζης & Στράτος Θεοδοσίου , εκδόσεις ΔΙΑΥΛΟΣ
- 'Προς τ'άστρα", Παύλος Καστανάς , εκδόσεις ΚΑΚΤΟΣ
- Τροχιά της Σελήνης : Βικιπαίδεια
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%B9%CE%AC_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7%CF%82
- Αστρονομία: Βικιπαίδεια
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1>
- Σελήνη: Βικιπαίδεια <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7>
- Processing of Metal and Oxygen From Lunar Deposits: National Space Society
<https://space.nss.org/settlement/nasa/spaceresvol3/pmofld1.htm>
- Ορυκτοί πόροι – Κοιτασματολογία: orykta.gr <https://www.orykta.gr/geologia-oryktologia/oryktoi-poroi-koitasmatologia>