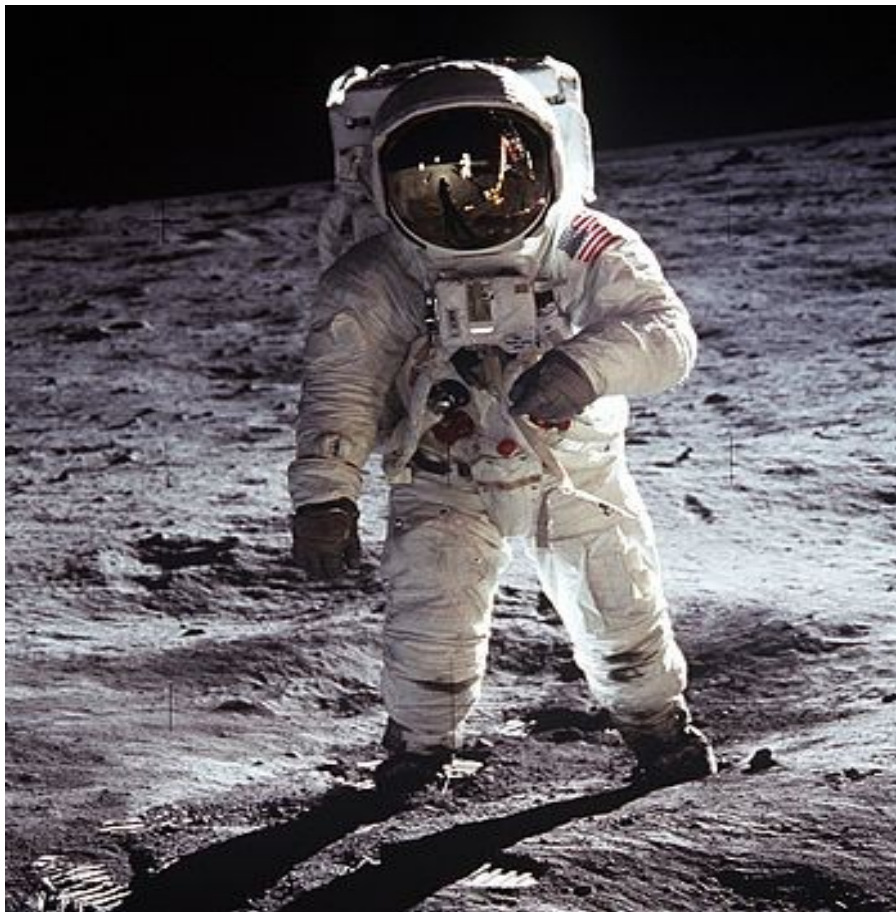




ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ



ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Περιεχόμενα

	σελ.
1. Περίληψη.....	3
2.Εισαγωγή.....	3
3. Η απόσταση και το μέγεθος της Σελήνης.....	4
4. Κίνηση της Σελήνης περί τη Γη.....	6
5. Οι φάσεις της Σελήνης.....	8
6. Κλίση της Σεληνιακής τροχιάς	
α. Γενικά.....	9
β. Σεληνιακή ακινησία και σεληνιακό αδιέξοδο.....	9
7. Μορφολογία της Σελήνης	
α. Επιφάνεια.....	10
β. Μάζα και βαρύτητα.....	10
γ. Θερμοκρασία και εσωτερική δομή.....	10
8. Γένεση και εξέλιξη	
α. Γενικά.....	11
β. Είναι το σύστημα Γης-Σελήνης διπλός πλανήτης ;.....	11
9. Οι εκλείψεις της Σελήνης.....	12
10. Παλίρροιες	
α. Περιγραφή του φαινομένου.....	12
β. Επίδραση του φαινομένου στην περιστροφή της Γης.....	13
11. Το μαγνητικό πεδίο της Σελήνης.....	14
12. Η μεταλλουργία της Σελήνης.....	15
13. Βιβλιογραφία.....	16

Περίληψη

Από την αυγή του πολιτισμού, το ουράνιο σώμα που άσκησε τη μεγαλύτερη γοητεία και επηρέασε την σκέψη και τη φαντασία του ανθρώπου είναι η Σελήνη. Ο άνθρωπος την παρατηρούσε και ενστικτωδώς κατάλαβε ότι η ζωή του είναι κατά κάποιο τρόπο συνυφασμένη με την παρουσία και την συμπεριφορά της. Για το λόγο αυτό τη μυθοποίησε, της έδωσε διάφορα ονόματα, ανάλογα με την πτυχή της καθημερινότητας που θεώρησε ότι αντιπροσώπευε, τη χρησιμοποίησε για να μετρήσει το χρόνο. Υπήρξε έμπνευση συγγραφέων και ποιητών αλλά και αντικείμενο μελέτης τόσο για τους πρώιμους αστρολόγους, όσο και για τους επιστήμονες των κατοπινών χρόνων. Και αυτό που αποδείχθηκε επιστημονικά είναι ότι πράγματι παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ζωής πάνω στον πλανήτη μας.

Η ταυτόχρονη κίνηση των δύο ουρανίων σωμάτων του συστήματος Γης-Σελήνης γύρω από τον Ήλιο αναλύεται σε επιμέρους κινήσεις, οι οποίες είναι τακτικές και μετρήσιμες. Η μελέτη της κανονικότητας των κινήσεων αυτών είναι πολύ σημαντική γιατί αποτελούν κλειδί για την βαθύτερη κατανόηση της φυσικής συμπεριφοράς του συστήματος αλλά και των φυσικών φαινομένων που εξαρτώνται άμεσα από αυτές, όπως παρατηρούνται πάνω στη Γη. Ο σεληνιακός μήνας αποτελεί αποτέλεσμα αυτής της κανονικότητας, η διάρκεια της ημέρας πάνω στη Γη, το κλίμα της Γης, φαινόμενα όπως οι παλίρροιες εξαρτώνται άμεσα από αυτές τις κινήσεις. Έχει προταθεί από επιστήμονες να θεωρηθεί το σύστημα Γη-Σελήνη ως διπλός πλανήτης, κατά το πρότυπο Πλούτωνα-Χάροντα. Η μελέτη της συνολικής ορμής του συστήματος έδωσε ερμηνεία στη διακύμανση της χρονικής διάρκειας της ημέρας στη Γη και ακριβείς μαθηματικοί υπολογισμοί απέδειξαν το σταθεροποιητικό ρόλο της Σελήνης όσον αφορά την κίνηση του άξονα της Γης, πράγμα που αποβαίνει κρίσιμο για το κλίμα.

Το δεύτερο μισό του 20ου αι. ο άνθρωπος κατάφερε να μεταβεί στη Σελήνη και να εξετάσει από κοντά το περιβάλλον της, να συγκεντρώσει ορυκτολογικά και πετρολογικά δεδομένα και να διευρύνει τις γνώσεις και την αντίληψή του για τον ουράνιο σύντροφο του πλανήτη μας.

Εισαγωγή

**Κλῶθι, θεὰ βασίλεια, φαεσφόρε, δῖα Σελήνη,
ταυρόκερως Μῆνη, νυκτιδρόμε, ἡεροφοῖτι,
έννυχίη, δαιδοῦχε, κόρη, εὐάστερε, Μῆνη,
αὐξομένη καὶ λειπομένη...**

Ομηρικός Ὕμνος προς τη Σελήνη

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 Ήλιο. 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.

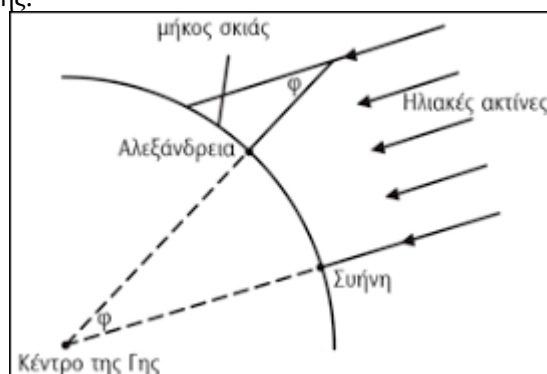
Η επιστήμη από τα σπάργανά της προσπάθησε να την γνωρίσει, να την απομυθοποιήσει και να την εντάξει στο πεδίο της γνώσης, ως υλικό σώμα πια που υπόκειται στους φυσικούς νόμους. Μια προσπάθεια που εν πολλοίς συνεχίζεται και σήμερα. Διερευνήθηκε η σχέση της με φυσικά φαινόμενα πάνω στη Γη όπως οι παλίρροιες. Μετρήθηκε η ορμή της, η κίνησή της και συσχετίστηκε άμεσα με την Γη ως σύστημα. Παρόλα αυτά παραμένει μια πηγή έμπνευσης για τον άνθρωπο τόσο σε φυσικό όσο και σε καλλιτεχνικό και μυστικιστικό επίπεδο.

Η απόσταση και το μέγεθος της Σελήνης

Ήδη από τα κλασσικά χρόνια οι Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι είχαν προσπαθήσει να μετρήσουν τόσο το πραγματικό μέγεθος όσο και την απόσταση της Σελήνης από τη Γη. Η τιμή όμως ανήκει στον Ερατοσθένη. Οι αρχαίοι Έλληνες αστρονόμοι γνώριζαν ότι η Γη είναι στρογγυλή λόγω των παρατηρήσεών τους επί της επιφάνειας της Γης, αλλά και από την παρατήρηση των εκλείψεων της Σελήνης. Ήδη ο Αριστοτέλης είχε αποδείξει την σφαιρικότητα της Γης με το απλό επιχείρημα ότι κατά την έκλειψη, η Γη έριχνε στη Σελήνη μια σκιά σε σχήμα κυκλικού δίσκου, ακριβώς όπως το σχήμα που θα περιμέναμε από ένα σφαιρικό αντικείμενο. Την

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

ίδια αντίληψη είχε κι ο Παρμενίδης πριν τον Αριστοτέλη. Ομοίως συνέβαλλε και το γεγονός ότι όλοι μπορούσαν να δουν ότι η ίδια η Σελήνη ήταν στρογγυλή, γεγονός που υποδείκνυε ότι η σφαίρα ήταν η φυσική κατάσταση ύπαρξης, ενισχύοντας την υπόθεση ότι και η Γη είναι στρογγυλή. 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 φωτίζε σε όλο το βάθος του. Ο Ερατοσθένης συμπεράνε ότι για να συμβαίνει κάτι τέτοιο, τη συγκεκριμένη μέρα ο Ήλιος έπρεπε να βρίσκεται ακριβώς πάνω από το πηγάδι, κάτι που ο ίδιος ποτέ δεν είχε παρατηρήσει στη Αλεξάνδρεια, η οποία βρισκόταν αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα βόρεια της Συήνης. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η Συήνη βρίσκεται κοντά στον Τροπικό του Καρκίνου, το πιο βόρειο γεωγραφικό πλάτος από το οποίο ο Ήλιος περνάει κατακόρυφα. Το γεγονός δεν ήταν περίεργο, προφανώς, γι' αυτόν καθότι ήταν πεπεισμένος για την καμπυλότητα της Γης. Αντιθέτως, ήταν μια θαυμάσια δυνατότητα για να υπολογίσει την περιφέρεια της Γης.



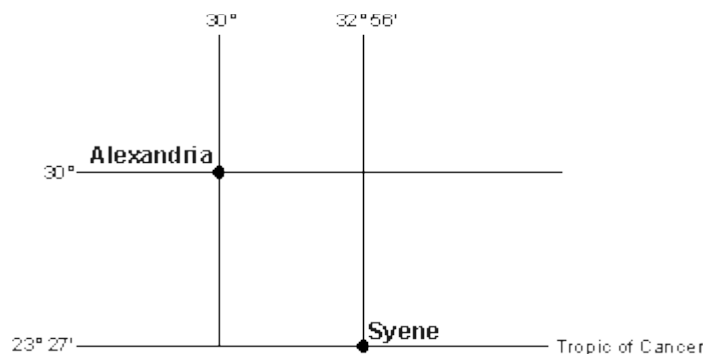
Σχ.1

Στο σχήμα παράλληλες ακτίνες από τον Ήλιο φτάνουν στη Γη στις 21 Ιουνίου. Ο Ερατοσθένης χρησιμοποίησε τη σκιά που ρίχνει ένας κίονας στην Αλεξάνδρεια για να υπολογίσει την περιφέρεια της Γης. Πραγματοποίησε το πείραμα στις 21 Ιουνίου, την ημέρα του θερινού ηλιοστασίου, όταν η Γη παρουσιάζει τη μέγιστη κλίση της ως προς τον Ήλιο, οπότε οι πόλεις κατά μήκος του Τροπικού του Καρκίνου βρίσκονται στην κοντινότερη απόσταση τους από τον Ήλιο. Αυτό σημαίνει ότι ο Ήλιος το μεσημέρι βρισκόταν ακριβώς πάνω από αυτές τις πόλεις. Τη στιγμή που το ηλιακό φως βυθιζόταν στο πηγάδι της Συήνης, μέτρησε τη γωνία που σχηματιζόταν ανάμεσα στο ν κίονα και στις ακτίνες του Ήλιου. Η γωνία είναι ίση -ως εντός εναλλάξ- με τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα σε δύο ακτίνες που συνδέουν το κέντρο της Γης με την Αλεξάνδρεια και τη Συήνη αντίστοιχα. Ο Ερατοσθένης βρήκε ότι η γωνία ϕ ήταν $7,2^\circ$.

Σκεπτόμενος την περιφέρεια της Γης ως έναν ολόκληρο κύκλο, δηλαδή 360° , εύκολα διαπίστωσε ότι η απόσταση μεταξύ των δυο πόλεων είναι το $7,2/360$ ή το $1/50$ της περιφέρειας της Γης.

Βέβαια, η Αλεξάνδρεια δεν βρίσκεται ακριβώς βόρεια της Συήνης γι αυτό υπάρχει και ένα μικρό λάθος στη μέτρηση. Επίσης, η Συήνη δεν βρίσκεται ακριβώς στον Τροπικό του Καρκίνου αλλά 55 km πιο βόρεια. Και τέλος η γωνιακή διαφορά είναι $7^\circ 5'$.

Ακολουθώντας το μόνο που χρειαζόταν ήταν η απόσταση της Συήνης από την Αλεξάνδρεια. Ο Ερατοσθένης μέτρησε αυτήν την απόσταση, χρησιμοποιώντας ένα είδος οδομέτρου με γρανάζια και την βρήκε ίση με 5040 στάδια.



Σχ.2

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

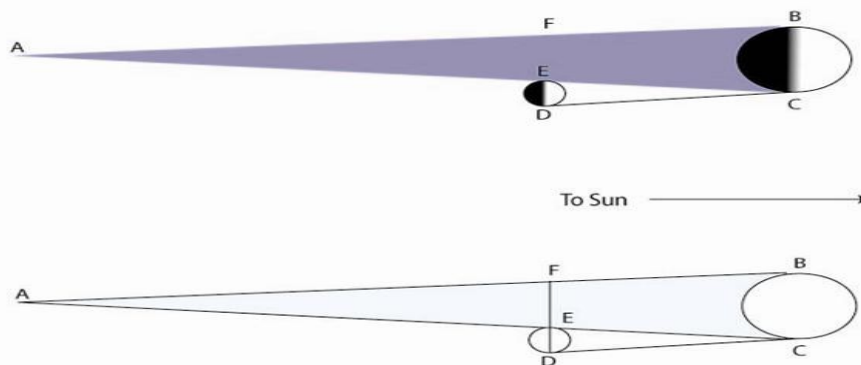
Επομένως η περιφέρεια της Γης είναι $5040 \cdot 50 = 252.000$ στάδια. Αυτή είναι η μεσημβρινή περιφέρεια, αλλά δεχόμενοι τη Γη σαν μια σφαίρα, θα ισούται και με την Ισημερινή περιφέρεια. Πόσο όμως είναι το ένα στάδιο; Το στάδιο ήταν ίσο με 159 μέτρα (άλλοι λένε 157 μέτρα), κατά την Ελληνιστική εποχή στην Αίγυπτο (το στάδιο διέφερε από περιοχή σε περιοχή, αλλά και από εποχή σε εποχή). Άρα η περιφέρεια της Γης σε μέτρα είναι $40.068.000$ μέτρα. Η πραγματική Ισημερινή ακτίνα της Γης είναι 12.756 Km, με αποτέλεσμα η περιφέρεια να ισούται περίπου με $40.074.156$ μέτρα. Το σφάλμα που έκανε ο Ερατοσθένης είναι απειροελάχιστο (φτάνει το 0,02 %). Βέβαια στην πραγματικότητα ο Ερατοσθένης υπολόγισε την μεσημβρινή περιφέρεια, η οποία σήμερα υπολογίζεται σε 39.942.209 μέτρα. Έτσι το σφάλμα ανέρχεται περίπου στο 0,3 % !!

Για την μέτρηση της απόστασης της Σελήνης, όσο και για την μέτρηση της διαμέτρου, καλύτερη οπτικοποίηση της σεληνιακής έκλειψης, φανταστείτε ότι κρατάτε ένα νόμισμα (διαμέτρου περίπου μια ίντσα ή 2,54 εκατοστά) σε απόσταση τέτοια, που αυτό να κρύβει εντελώς τον ήλιο. Μπορεί να το ίδιο να γίνει και με την πανσέληνο, η οποία τυχαίνει να έχει το ίδιο φαινόμενο μέγεθος στον ουρανό με τον ήλιο. Αποδεικνύεται ότι η σωστή απόσταση για να το κρύψουμε είναι περίπου 274 εκατοστά, δηλαδή περίπου 108 φορές τη διάμετρο του νομίσματος, αφού $274:2,54=108$. Έτσι σχηματίζεται ένας κώνος, ο οποίος έχει σαν βάση το νόμισμα, κορυφή το μάτι μας και μήκος 274 εκατοστά ή $108 \times 2,54$ εκ.

Αυτό μπορούμε να φανταστούμε ότι γίνεται και με την Γη όταν παρεμβάλλεται ανάμεσα στον ήλιο και σε ένα υποθετικό παρατηρητή που βρίσκεται στη σωστή απόσταση. Ο Ερατοσθένης έδειξε ότι η διάμετρος της Γης ήταν σχεδόν 12.700 χιλιόμετρα, άρα και το μήκος του κώνου της σκιάς που δημιουργούσε η Γη ήταν περίπου ($12.700 \cdot 108 =$) 1.380.000 Km!!! Αυτό συμβαίνει διότι η άκρη του μεγάλου κώνου είναι το πιο μακρινό σημείο όπου η Γη μπορεί να μπλοκάρει όλες τις ηλιακές ακτίνες. Ομοίως και ο λόγος της απόστασης της Σελήνης προς τη διάμετρο της Σελήνης είναι ίσος με τον λόγο των 274 εκατοστών (η απόσταση που κρύψαμε το φως) με τη διάμετρο του νομίσματος. Πολλαπλασιάζοντας 108 φορές τη διάμετρο της Σελήνης βρίσκουμε την απόσταση μέχρι τη Σελήνη.

Στο παρακάτω σχήμα (σχ.3), η Σελήνη εισέρχεται στην σκιά της Γης (στα δεξιά μας) σε μια έκλειψη. 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 βρεί ίσο με 2,5. Ήξερε δηλαδή ο Ερατοσθένης ότι $EF/ED=2,5$. Με τη βοήθεια των ομοίων τριγώνων FAE και DCE είχε: $AE/EC=AF/DC=EF/ED=2,5$.

Είδε λοιπόν ότι $AE=2,5 \cdot EC$ και από αυτό: $AE + EC = (2,5 \cdot EC) + EC$. Άρα $AC=3,5 \cdot EC$. Γνωρίζοντας από πριν ότι το μήκος του κώνου AC είναι $108 \cdot BC$ (όπου BC είναι η διάμετρος της Γης 12.700 χλμ), συμπεράνε από τα όμοια τρίγωνα ότι AC είναι 3,5 φορές η EC ή ότι η απόσταση της Σελήνης είναι $EC = AC/3,5 = 395.000$ 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 !



Σχ. 3

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Στα μεταγενέστερα χρόνια ακριβείς μετρήσεις των παραλλάξεων της Σελήνης έδειξαν ότι η απόστασή της από τη Γη κυμαίνεται μεταξύ μιας μέγιστης τιμής των 405.500 km και μιας ελάχιστης τιμής των 363.300 km. Η μέση τιμή που προκύπτει είναι ίση με 384.400 km.

Με δεδομένο ότι η φαινόμενη διάμετρος της Σελήνης αναλόγως της απόστασής της από τη Γη κυμαίνεται από 33'49'' και 28'21'' προκύπτει ότι ο μέσος όρος είναι 31' 05''. Από την απόσταση και τη φαινόμενη διάμετρο, υπολογίζεται η πραγματική διάμετρος, με τη βοήθεια της απλής σχέσης, σύμφωνα με την οποία κάθε σώμα που τίθεται σε απόσταση ίση με 57 διαμέτρους του παρουσιάζει φαινόμενη διάμετρο ίση με 1° καθώς και το ότι η πραγματική διάμετρος είναι αντιστρόφως ανάλογη με την πραγματική, προκύπτει ότι η διάμετρος της Σελήνης ισούται με 3.476 Km. (Σημειώνουμε ότι η Πανσέληνος παρατηρείται από τη Γη υπό γωνία 0,5°, άρα η απόσταση ισούται με 114 περίπου διαμέτρους).

Κίνηση της Σελήνης περί 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:

Ι. Η περιφορά της 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 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 km και 405,400 km αντίστοιχα (διαφορά 12%).

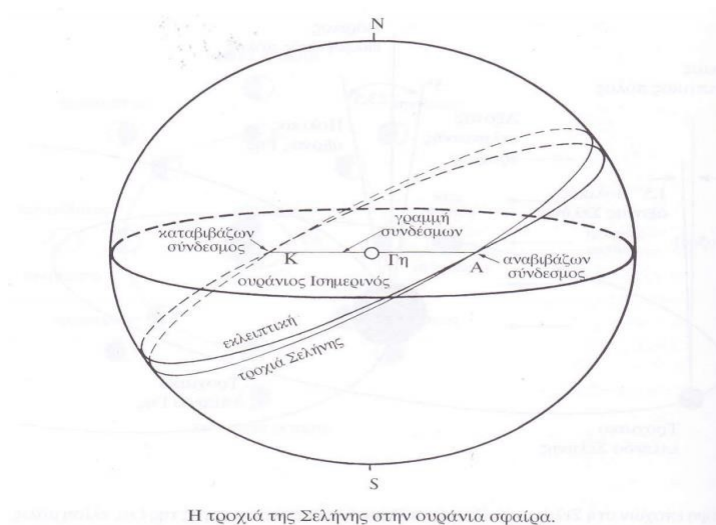
Ο χρόνος που απαιτείται για μια πλήρη περιφορά της είναι 27 ημ.7ωρ.43'11,5'' ή 27,32166 ημέρες και ονομάζεται **Αστρικός μήνας**.

Λόγω όμως της επίδρασης και άλλων παραγόντων στην κίνηση της Σελήνης – κυρίως η ταυτόχρονη κίνηση της Γης περί τον Ήλιο – προκύπτουν και άλλες χρονικές διάρκειες ή μήνες όπως συνήθως λέγονται, ως εξής:

α) **Συνοδικός μήνας** που είναι ο χρόνος μεταξύ δύο ομωνύμων φάσεων της Σελήνης και διαρκεί 29,530589 ημέρες (ή 29 ημέρες 12 ώρ. 44' 2,9'').

β) **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 (ή 27 ημέρες 5 ώρ. 5' 35,8'').



Σχ. 4

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

γ) **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''). 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.

δ) **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.

II. Η περιστροφή 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.

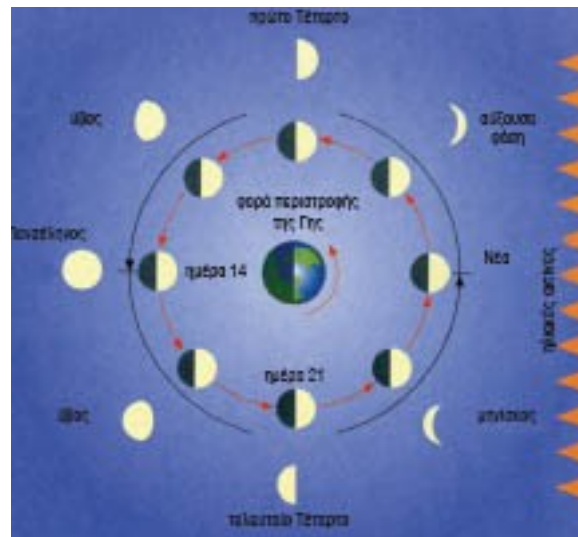
III. Λικνίσεις

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 γεωμετρικές λικνίσεις χωρίζονται με τη σειρά τους σε τρεις επιμέρους λικνίσεις: Την κατά μήκος λίκνιση που οφείλεται στην ελαφρώς ελλειπτική τροχιά της Σελήνης, την κατά πλάτος λίκνιση που οφείλεται σε μια μικρή κλίση μεταξύ του άξονα περιστροφής της και του επιπέδου της τροχιάς της Γης και την ημερήσια λίκνιση που οφείλεται στην μετακίνηση της θέσης του παρατηρητή πάνω στην επιφάνεια της Γης, λόγω της περιστροφής της Γης. Η φυσική λίκνιση αφορά ανεπαίσθητη ταλάντωση, η οποία δεν είναι ευκολα παρατηρήσιμη.

Αποτέλεσμα των λικνίσεων είναι ότι η παρατηρήσιμη από τη Γη επιφάνεια του ορατού ημισφαιρίου της Σελήνης, ανέρχεται στο 50% και στιγμιαία στο 59%.

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** (εικ.1).



Εικ.1

Όπως φαίνεται στην εικόνα 1 οι φάσεις είναι οι εξής:

Αν η Σελήνη βρίσκεται μεταξύ Ήλιου και Γης (σύνοδος Σελήνης-Ήλιου δηλ. 0°), ολόκληρος ο δίσκος της είναι σκοτεινός. Τότε έχουμε **νέα Σελήνη ή νουμηνία**. Ακολουθώντας καθώς η αποχή μεγαλώνει στρέφει προς τη Γη όλο και μεγαλύτερο τμήμα του φωτιζόμενου ημισφαιρίου της. Βλέπουμε ένα δρεπανοειδή κοιλόκυρτο μηνίσκο με κατεύθυνση ανατολική, ο οποίος μέρα με τη μέρα μεγαλώνει. Μετά 7 ημέρες και 9 ώρ. από την εμφάνιση της

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

νέας Σελήνης, έρχεται σε τετραγωνισμό (δηλ. 90°) όπου η Γη κατέχει την κορυφή της ορθής γωνίας που σχηματίζεται από τον Ήλιο, τη Σελήνη και τη Γη, τότε έχουμε φωτισμένο το **πρώτο σεληνιακό τέταρτο**.

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**. Τότε η Σελήνη ανατέλλει καθώς ο ήλιος δύει.

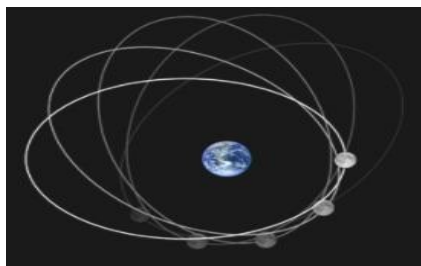
Τέλος, όταν η Σελήνη, η Γη και ο Ήλιος σχηματίζουν γωνία 270° μοιρών με κορυφή τη Γη, τότε δημιουργείται το **τελευταίο τέταρτο** της Σελήνης (η Σελήνη σε τετραγωνισμό με τον Ήλιο). Κάθε μία από τις φάσεις λαμβάνει χώρα σε 7 ημέρες και 9 ωρ. Οπότε από σύνοδο σε σύνοδο παρέρχονται συνολικά 29 ημέρες 12 ωρ. 44' 2,9'' (ο συνοδικός μήνας).

Κλίση της σεληνιακής τροχιάς

α.Γενικά

Η μέση κλίση της σεληνιακής τροχιάς στο εκλειπτικό επίπεδο είναι 5.145° . Οι θεωρητικές εκτιμήσεις δείχνουν ότι 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 βρισκεται 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). 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 (βλ. Νόμους του Κασίνι). 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 2, το ελλειπτικό σχήμα της τροχιάς της Σελήνης είναι υπερβολικά υπερβολικό από το σχεδόν κυκλικό του σχήμα για να κάνει την οπισθοδρόμηση.



Εικ.2

β.Σεληνιακή ακινησία και 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. 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. Σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, θα υπάρχει μια περίοδος τουλάχιστον μίας ημέρας κάθε μήνα, όταν η Σελήνη δεν θα ανέβει,

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

αλλά θα υπάρχει επίσης μια περίοδος τουλάχιστον μιας 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. Σημειώστε ότι 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 ζωπλάγκτον 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.

Μορφολογία της Σελήνης

α. Επιφάνεια

Η Σελήνη είναι γνωστό ότι στερείται ατμόσφαιρας (ή είναι παρα πολύ λεπτή) καθώς και ύδατος. Αν και σύμφωνα με την πιο πρόσφατη ανακοίνωση της NASA (Οκτώβριος 2021) ύστερα από λεπτομερή ανάλυση εικόνων κάμερας και μετρήσεων θερμοκρασίας που λήφθηκαν από το Lunar Reconnaissance Orbiter της NASA για να χαρτογραφήσουν κρύες, μόνιμα σκιασμένες περιοχές στη Σελήνη, πιστεύεται ότι είναι τα μέρη που είναι πιο πιθανό να περιέχουν πάγο λόγω μη έκθεσης στο ηλιακό φως. Ωστόσο οι έρευνες θα συνεχιστούν περαιτέρω.

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. Σήμερα έχουμε χαρτογραφήσει περισσότερους από 30.000 κρατήρες με διάμετρο από 1 έως 300 Km. Σε πολλούς απ' αυτούς έχουν δοθεί ονόματα διάσημων αστρονόμων όπως του Αρίσταρχου, του Κοπέρνικου, του Κέπλερ κ.ά. Σε τρεις από τους σεληνιακούς κρατήρες έχουν τα ονόματα τριών νεότερων Ελλήνων αστρονόμων, των Αντωνιάδη, Φωκά και Παρασκευόπουλου, ως ένα ελάχιστο δείγμα αναγνώρισης της συμβολής τους στην προσπάθεια αποκάλυψης των μυστικών της Σελήνης. Υπάρχουν επίσης μεγάλες επιφάνειες σχετικά ομαλές, βαθύτερου χρώματος, οι οποίες έχουν ονομαστεί “θάλασσες”. Στην ορατή πλευρά της Σελήνης μπορούμε να διακρίνουμε 30 θάλασσες που η μεγαλύτερη απ' αυτές ονομάζεται “Ωκεανός των Καταιγίδων” και έχει διάμετρο 1.500 Km καθώς και υψηλά όρη στα οποία έχουν δοθεί τα ονόματα γήινων ορέων. Στο υψηλότερο -8000 m !- του Γερμανού Μαθηματικού και Λογικού Φίλοσόφου Λάιμπνιτς. Οι σχηματισμοί αυτοί αποδίδονται σε σεισμική δραστηριότητα. Η Σελήνη γενικά δεν είναι ήρεμο σεισμικώς σώμα. Ο Γαλιλαίος το 1610, σύμφωνα με αναφορές, ήταν ο πρώτος αστρονόμος που παρατήρησε την επιφάνεια της Σελήνης με τηλεσκόπιο ενώ πολλά χρόνια αργότερα, 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.

β. Μάζα και βαρύτητα

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. Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών οδηγεί σε ένα αρκετά ασθενές βαρυτικό πεδίο στην επιφάνειά της. Τον ακριβέστερο χάρτη του βαρυτικού πεδίου της Σελήνης -και εν γένει οποιουδήποτε άλλου ουράνιου σώματος- έχουν πλέον στα χέρια τους οι αστρονόμοι χάριν στους δυο δίδυμους δορυφόρους της NASA, στο πλαίσιο της αποστολής Grail. Με χρήση όλων των δεδομένων υπολογίζεται η μέση τιμή της έντασης του βαρυτικού πεδίου της Σελήνης στα 1.63 m/s^2 . Αυτό σημαίνει ότι είναι περίπου το 16,7% της έντασης του γήινου βαρυτικού πεδίου ($9,81 \text{ m/s}^2$). Συνάγεται ότι η ίδια μάζα θα είχε στη Σελήνη το 1/6 του βάρους που θα είχε στη Γη.

γ. Θερμοκρασία και εσωτερική δομή

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.

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

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.

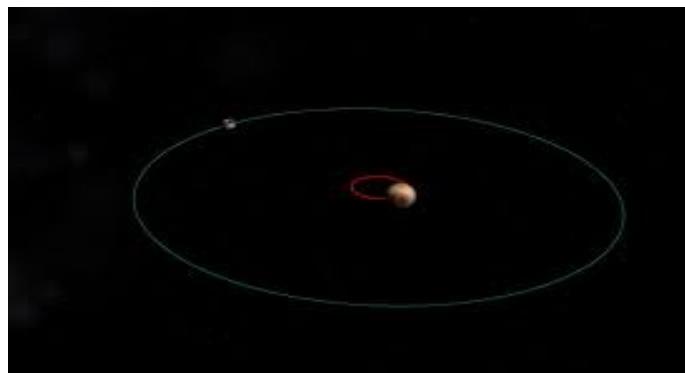
Γένεση και εξέλιξη

α Γενικά

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 μικρότερη αδερφή συνεχίζει να απομακρύνεται από τη μεγαλύτερη, αλλά θα περάσουν πολλά εκατομμύρια χρόνια πριν αυτό γίνει αντιληπτό. Τα περισσότερα από 400 κιλά δειγμάτων πετρωμάτων και ρεγόλιθου (σεληνιακού «χώματος»), που έφεραν πίσω οι επανδρωμένες αποστολές «Απόλλων» και οι ρομποτικές αποστολές των ΗΠΑ και της Σοβιετικής Ένωσης στη Σελήνη τις δεκαετίες 1960 και 1970, έδειξαν ότι είναι κυρίως βασαλτικά πετρώματα ηλικίας 4 - 4,5 δισεκατομμυρίων ετών. Τούτο υποδεικνύει ότι υπήρξε ένα απολύτως αδρανές και ψυχρό σώμα. Κάποιες αλλαγές παρατηρούνται στα σημεία πρόσκρουσης των μετεωριτών, όπου υπήρξε μερική τήξη των πετρωμάτων. Τα δείγματα δείχνουν αξιοσημείωτη ομοιότητα με αυτά της Γης σε σχέση και με την ταυτότητά τους και αλλά και ως προς τις αναλογίες, πράγμα που ωθεί πολλούς επιστήμονες να τείνουν προς υιοθέτηση της δεύτερης άποψης.

β. Είναι το σύστημα Γης-Σελήνης διπλός πλανήτης;

Ως διπλό πλανήτη οι αστρονόμοι ορίζουν ένα σύστημα σωμάτων που περιφέρονται γύρω από ένα κοινό κέντρο περιφοράς σε σύγχρονη τροχιά γύρω από κάποιο άστρο. Στο πλανητικό μας σύστημα ένα τέτοιο σύστημα εξετάζεται εάν είναι το σύστημα Πλούτωνα- Χάροντα από φωτογραφίες που ελήφθησαν από διαστημοσυσκευή New Horizons. Για 5 ημέρες, η διαστημοσυσκευή έλαβε 12 εικόνες του συστήματος Πλούτωνα-Χάροντα, κατά τη διάρκεια των οποίων ο Χάροντας ολοκλήρωσε σχεδόν πλήρως 1 περιστροφή γύρω από τον Πλούτωνα. Ωστόσο, καθώς ο Χάροντας περιφέρεται σε τροχιά, μπορούν να παρατηρηθούν διακριτές διακυμάνσεις στη θέση του Πλούτωνα. Η μάζα του Χάροντα (περίπου το 12 τοις εκατό της μάζας του Πλούτωνα) έχει ισχυρή βαρυτική επιρροή στον Πλούτωνα, τραβώντας τον πολύ ευδιάκριτα «από το κέντρο». Κατά συνέπεια, και τα δύο αντικείμενα περιστρέφονται γύρω από ένα νοητό σημείο πάνω από την επιφάνεια του Πλούτωνα. Αυτό το σημείο ονομάζεται κέντρο βάρους του συστήματος Πλούτωνα-Χάροντα.

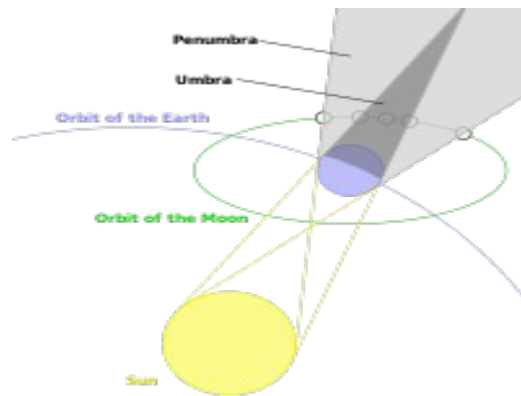


Εικ. 3

Εαν λάβουμε υπόψη ότι η αναλογία μάζας Γης Σελήνης είναι σχετικά μεγάλη σε σχέση με τις αντίστοιχες αναλογίες των άλλων πλανητών - όπως και η αναλογία των διαμέτρων τους - με τους δορυφόρους τους θα μπορούσε ίσως να ισχύει ότι το σύστημα Γη-Σελήνη είναι διπλός πλανήτης. Θα έπρεπε όμως το κέντρο της τροχιάς της Σελήνης να βρισκόταν έξω από τη Γη, πράγμα που δεν συμβαίνει. Στην πραγματικότητα το κέντρο της τροχιάς της Σελήνης (βαρύκεντρο) βρίσκεται 4.600 Km από το κέντρο της Γης (περίπου το 72% της ακτίνας της). Άρα ακόμη κι αν εγκριθεί ο χαρακτηρισμός για το σύστημα Πλούτωνα - Χάροντα , δεν θα μπορούσε να αποδοθεί στο σύστημα Γης - Σελήνης.

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.



Σχ.5

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 σεληνιακές εκλείψεις υπολογίζονται πλέον με ακριβή μαθηματικό αλγόριθμο. Από την αρχαιότητα όμως υπήρξε υπολογισμός των εκλείψεων με σκοπό την ακριβή τους πρόβλεψη. Ήδη από τον καιρό των Χαλδαίων αστρολόγων ήταν γνωστός ο κύκλος Σάρο που ήταν ένα διάστημα 225 σεληνιακών συνοδικών μηνών ή 18 ετών και 11 περίπου ημερών, κατά τον οποίον οι εκλείψεις επαναλαμβάνονταν με την ίδια σειρά. Ο κύκλος Σάρο συμπεριλαμβάνεται στο μηχανισμό των Αντικυθήρων.

Γνώριζαν ακόμη και τον υπολογισμό των εκλείψεων με βάση τον 19ετή κύκλο του Μέτωνος. Ο Μετωνικός κύκλος, προκύπτει από την ισοτιμία 19 ετών με 235 σεληνιακούς μήνες, οπότε η σελήνη επιστρέφει στην ίδια θέση, κι έτσι έχουμε μια έκλειψη με παρόμοια γεωμετρία. Ο Μετωνικός κύκλος ονομάστηκε έτσι, από τον αστρονόμο Μέτωνα τον Αθηναίο, το 432 π.χ. Ο Ξενοφάνης και ο Ηρόδοτος αναφέρουν ότι πρώτος ο Θαλής ο Μιλήσιος πρόέβλεψε μια έκλειψη Ηλίου, στο πρώτο ήμισυ του 6^{ου} π.χ αιώνα, χωρίς να γνωρίζει τους Μετωνικούς κύκλους.

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.

Οι εκλείψεις που έγιναν το 2021 ήταν:

Ολική στις 5^ο25' του Τοξότη, στις 26 Μαΐου

Μερική στις 27^ο14' του Ταύρου, στις 19 Νοεμβρίου

Παλίρροιες

α. Περιγραφή του φαινομένου

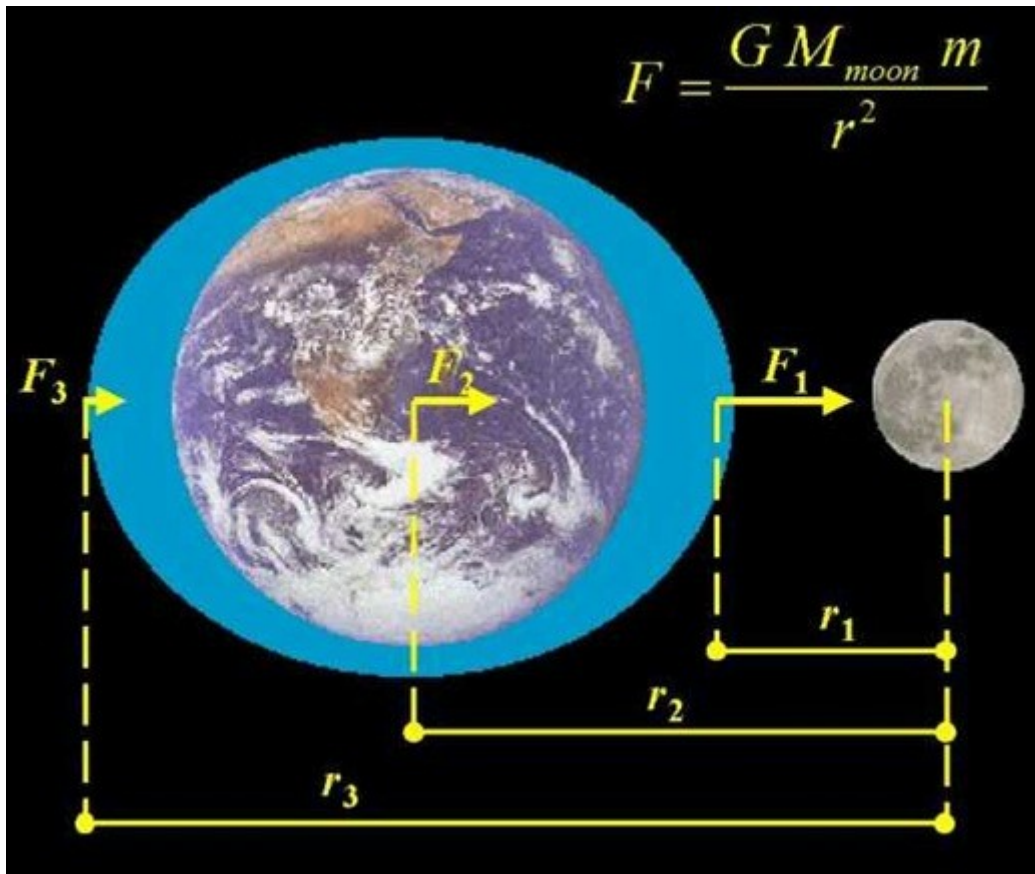
Γνωρίζουμε ότι η στάθμη των υδάτων της γήινης επιφάνειας δεν παραμένει σταθερή μέσα στο 24ωρο, αλλά παρατηρούνται άνοδοι και κάθοδοι. Συγκεκριμένα επί 6 ώρες η στάθμη ανέρχεται συνεχώς και επί 6 ώρες η στάθμη κατέρχεται. Έτσι έχουμε δύο ανόδους και δύο καθόδους ανά 24ωρο. Η άνοδος έχει την ονομασία **πλημμυρίς**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

Η παλίρροια οφείλεται στην έλξη που ασκεί η Σελήνη στα διάφορα σημεία της γήινης επιφάνειας. Ειδικότερα, υποθέτοντας ότι όλη η επιφάνεια της Γης καλύπτεται από νερό και γνωρίζοντας ότι η έλξη της Σελήνης, λόγω απόστασης, είναι 2,2 φορές μεγαλύτερη από αυτής του Ήλιου, αντιλαμβανόμαστε ότι υπό την επίδραση της έλξεως της Σελήνης τα ύδατα συσσωρεύονται περισσότερο προς το μέρος της Σελήνης και - όπως μας διδάσκει η Μηχανική - και στο εκ διαμέτρου αντίθετο μέρος της Γης. Αυτό προκαλεί πλημμυρίδα στις περιοχές αυτές και αμπώτιδα στις περιοχές που βρίσκονται καθέτως προς αυτές. Έτσι η γήινη σφαίρα αποκτά ένα σχήμα

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

ελλειψοειδές. Επιπροσθέτως εάν η Σελήνη βρίσκεται σε σύνοδο με τον Ήλιο το ελλειψοειδές σχήμα καθίσταται πιο πεπλατυσμένο. Αυτό συμβαίνει κατά τις συζυγίες, ενώ κατά τους τετραγωνισμούς (όπου Σελήνη, Γη και Ήλιος σχηματίζουν γωνία 90°), η έλξη του Ηλίου εξουδετερώνει μέρος έλξης της Σελήνης, το ελλειψοειδές σχήμα καθίσταται λιγότερο πεπλατυσμένο με αποτέλεσμα το φαινόμενο να έχει μικρότερη ένταση.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση του φαινομένου τοπικά είναι η διαμόρφωση των ακτών καθώς και το ότι η Γη στρέφει, λόγω της περιστροφής της, διαφορετική περιοχή προς τη Σελήνη, άρα και το ελλειψοειδές σχήμα αλλάζει συνεχώς τη θέση των δύο υδάτινων εξογκώσεών του.



Εικ.4

β. Επίδραση του φαινομένου στην περιστροφή της Γης

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. αλλά επιβεβαιώνεται και από το συμπέρασμα μιας νέας επιστημονικής έρευνας, που βασίστηκε στη μελέτη των απολιθωμάτων ενός αρχαίου μαλάκιου (αρχαία αχιβάδα) της ύστερης κρητιδικής περιόδου. Οι ερευνητές, με επικεφαλής τον γεωχημικό Νιλς ντε Βίντερ του Ελευθέρου Πανεπιστημίου των Βρυξελλών, δημοσιεύουν τα αποτελέσματά τους στην εργασία τους με τίτλο:

«Subdaily-Scale Chemical Variability in a *Torreites Sanchezi* Rudist Shell: Implications for Rudist Paleobiology and the Cretaceous Day-Night Cycle». 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 επιβράδυνση αυτή, λόγω της αρχής διατήρησης της στροφορμής του συστήματος, 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.

Πώς όμως συμβαίνει αυτό;

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Θεωρώντας ως κέντρο μάζας του συστήματος το κέντρο μάζας της Γης, το βαρυτικό πεδίο του Ήλιου σταθερό, τον άξονα περιστροφής της Γης κάθετο στο επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης και την τροχιά της Σελήνης κυκλική ακτίνας r , εφαρμόζουμε την Αρχή Διατήρησης της στροφορμής του συστήματος :

$$\rightarrow L_{ολ} = \rightarrow L_S + \rightarrow L_T + (m_S \rightarrow r \rightarrow u)$$

όπου L_T και L_S οι ιδιοστροφορμές Γης και Σελήνης, ενώ ο τελευταίος όρος εκφράζει την τροχιακή στροφορμή της Σελήνης, m_S είναι η μάζα της Σελήνης, u η ταχύτητα της Σελήνης στην τροχιά γύρω από τη Γη.

Έχουμε: $L_T = I_T \omega_T = \frac{2}{5} M_T R_T^2 (2\pi/T_T) = 7 \cdot 10^{33} \text{ J}\cdot\text{s}$, για $R_T = 6400 \text{ km}$, $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ και $T_T = 24 \text{ h}$.

$$L_S = I_S \omega_S = \frac{2}{5} m_S R_S^2 (2\pi/T_S) = 2,3 \cdot 10^{29} \text{ J}\cdot\text{s}, \text{ για } R_S = 1700 \text{ km}, m_S = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg} \text{ και } T_S = 27,3 \text{ d}.$$

$$m_S r u = m_S \omega_S r^2 = 2,9 \cdot 10^{34} \text{ J}\cdot\text{s}, \text{ όπου } r = 385.000 \text{ km} \text{ και } \omega_S = 2\pi/T_S, \text{ με } T_S = 27,3 \text{ d}.$$

Αγνοώντας το L_S (είναι αμελητέο σε σχέση με της Γης) προκύπτει :

$$L_{Γης} + m_S r u = I_T \omega_T + m_S \omega_S r^2 = \text{σταθερή}$$

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.

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!

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. Δεν είναι όμως σαφές πότε και γιατί το πεδίο εξαφανίστηκε. Αναφέρονται παλαιομαγνητικές μελέτες και μελέτες (Science Advances • 1 Jan 2020 • Vol 6, Issue 1 • DOI: [10.1126/sciadv.aax0883](https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0883)) δύο δειγμάτων λιθοποιημένων αδρανών πετρωμάτων (δείγματα 15465 και 15015) ,που σχηματίστηκαν στα χείλη κρατήρων κατά την πρόσκρουση μετεωριτών που δείχνουν ότι ψύχθηκαν σε σχεδόν μηδενικό μαγνητικό πεδίο (<0,1 mT) στα $0,44 \pm 0,01$ και $0,91 \pm 0,11$ δισεκατομμυρίων ετών πριν, αντίστοιχα. Σε συνδυασμό με προηγούμενες εκτιμήσεις φαίνεται πιθανότατο ότι το σεληνιακό πεδίο σταμάτησε να υφίσταται κάπου μεταξύ ~1,92 και ~0,80 δισεκατομμυρίων ετών πριν.

Η μεταλλουργία της Σελήνης

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον της παγκόσμιας έρευνας του διαστήματος έχει πλέον και οικονομικό προσανατολισμό. Η βασικότερη οικονομική παράμετρος είναι η εκμετάλλευση του υπεδάφους των κοντινών ουρανίων σωμάτων. Οι διαστημοσυσκευές που αποστέλλονται από τη Γη διαθέτουν εξοπλισμό που μπορεί να προσκομίσει πληροφορίες σχετικά με τη μελλοντική εξόρυξη μεταλλευμάτων και ορυκτών. Έτσι η επιστήμη της μεταλλουργίας αποκτά μια διαφορετική διάσταση. Η μεταλλουργία, που 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.

Υπό το πρίσμα αυτό αντιμετωπίζεται και η Σελήνη. Το διαστημικό πρόγραμμα Απόλλων της NASA (1961-1962) αποκάλυψε σεληνιακούς πόρους. Η περαιτέρω έρευνα 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

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

βρίσκονται μαζί με τα αξιοποιήσιμα και δεν έχουν οικονομικό ενδιαφέρον ονομάζονται σύνδρομα (gangue minerals).

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. Ο εμπλουτισμός είναι μια πρόδρομη απαραίτητη διαδικασία κατεργασίας του μεταλλεύματος, που οδηγεί στη μεταλλευτική κατεργασία με σκοπό την εξαγωγή του μετάλλου.

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). Με βάση τον πίνακα γεωχημικής διαθεσιμότητας του Skinner (1986), 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 (Πιν.1).

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

Πίνακας 1

Για σκοπούς σύγκρισης, παρουσιάζεται η σύνθεση ενός τυπικού σεληνιακού βασάλτη, εκρηξιγενούς πετρώματος που σχηματίστηκε από στερεοποιημένη λάβα, που εξερράγη και έρρευσε σε πεδία που δημιουργήθηκαν από προσκρούσεις αστεροειδών στη Σελήνη, [δείγμα 10017, όπως αναλύθηκε από τους Wanke et al. (1970)]. Σε μια πρώτη προσέγγιση, βλέπουμε ότι 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.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ροβίθης Πέτρος. *Σελήνη*, εκδόσεις Βασιλείου Γεώργιος (2010)
2. Μάνος Δανέζης- Στράτος Θεοδοσίου. *Το Σύμπαν που αγάπησα*, εκδόσεις ΔΙΑΥΛΟΣ (2012)
3. Κωτσάκη Δ.- Χασάπη Κ. *ΚΟΣΜΟΓΡΑΦΙΑ* (1976)
4. Στράτος Θεοδοσίου - Μάνος Δανέζης. «*Η Οδύσσεια των Ημερολογίων-Αναζητώντας τις ρίζες της γνώσης*», εκδόσεις ΔΙΑΥΛΟΣ (1995).
5. Σελήνη
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7>
6. Η μετρηση της απόστασης Γης -Σελήνης
<https://physicsgg.me/2012/05/02/%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B1%CF%80%CF%8C%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B3%CE%B7%CF%82-%CF%83%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7%CF%82/>

ΦΥΣΙΚΗ Ι: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

7. Η μέτρηση της ακτίνας της Γης, της Σελήνης και του Ήλιου από τον Ερατοσθένη

<http://physics4u.gr/blog/2010/11/28/%ce%b7-%ce%bc%ce%ad%cf%84%cf%81%ce%b7%cf%83%ce%b7-%cf%84%ce%b7%cf%82-%ce%b1%ce%ba%cf%84%ce%af%ce%bd%ce%b1%cf%82-%cf%84%ce%b7%cf%82-%ce%b3%ce%b7%cf%82-%cf%84%ce%b7%cf%82-%cf%83%ce%b5%ce%bb%ce%ae%ce%bd/>

8. Η τροχιά της Σελήνης

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

9. Ο,τι πρέπει να ξέρετε για τις παλίρροιες

<http://physics4u.gr/blog/2018/09/10/%CF%8C%CF%84%CE%B9-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%BE%CE%AD%CF%81%CE%B5%CF%84%CE%B5-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B9%CF%82-%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%AF%CF%81%CF%81%CE%BF%CE%B9%CE%B5/>

10. Παλιρροϊκή επιτάχυνση

https://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_acceleration –

11. Η επιμήκυνση της χρονικής διάρκειας του 24ώρου

<https://www.kathimerini.gr/1068908/article/epikairothta/episthmh/kata-mish-wra-syntomotero-htan-to-24wro-prin-apo-70-ekat-xronia>

12. The end of the lunar dynamo

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax0883>

13. Διπλός πλανήτης

<https://kerchtt.ru/el/pochemu-sistemu-zemlya-luna-nazyvayut-dvoynoi-planetoi-dvoynaya-planeta/>