

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ



ΑΣΚΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΝΕΩΝ
ΠΛΑΝΗΤΩΝ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: ΜΠΑΡΩΤΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ-ΒΑΡΒΑΡΑ & ΛΑΪΝΑ ΗΛΙΑΝΑ

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
❖ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ	2-11
1. ΚΙΝΗΣΗ ΠΛΑΝΗΤΩΝ:.....	2-6
ΛΟΞΩΣΗ.....	2
ΛΟΞΩΣΗ – ΚΛΙΣΗ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟΥ.....	3
ΕΚΛΙΠΤΙΚΗ.....	3
ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΣΗ ΠΛΑΝΗΤΩΝ.....	4
ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΙΝΗΣΗ.....	5
2. ΝΟΜΟΙ ΘΕΣΗΣ – ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ.....	5-11
ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΚΕΠΛΕΡ.....	5
ΝΟΜΟΣ ΒΑΡΥΤΙΚΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ.....	6
ΟΙ ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ	7
ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ.....	8
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ.....	8
ΝΟΜΟΣ ΤΙΤΙΟΥ – ΒΟΔΕ.....	9
❖ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΝΕΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ	11-18
Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....	12
Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ.....	13
ΑΜΕΣΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ.....	15

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΜΕ ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΕΣΤΙΑΣΜΟ.....	17
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ.....	18

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ηλιακό Σύστημα είναι το βαρυτικά δεσμευμένο σύστημα του Ήλιου και των αντικειμένων που περιφέρονται γύρω του, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Από τα αντικείμενα που περιστρέφονται απευθείας γύρω από τον Ήλιο, τα μεγαλύτερα είναι οι οκτώ πλανήτες, με τα υπόλοιπα να είναι μικρότερα αντικείμενα, όπως οι νάνοι πλανήτες και τα μικρά σώματα του Ηλιακού Συστήματος. Από τα αντικείμενα που περιστρέφονται έμμεσα γύρω από τον Ήλιο - οι φυσικοί δορυφόροι - δύο είναι μεγαλύτερα από τον μικρότερο πλανήτη, τον Ερμή. Ο πιο μακρινός πλανήτης, ο Ποσειδώνας, απέχει 30 αστρονομικές μονάδες (4,5 δις χιλιόμετρα) από τον Ήλιο.

❖ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

1. ΚΙΝΗΣΗ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

ΛΟΞΩΣΗ:

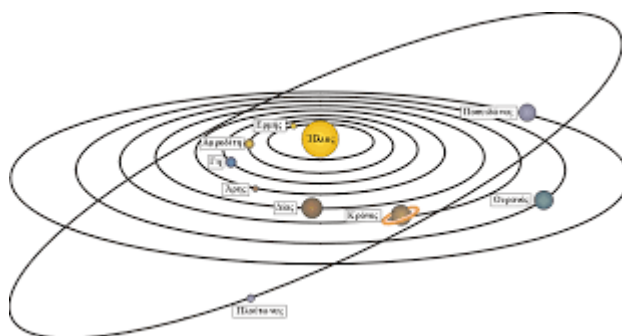
Η κίνηση των πλανητών είναι το αποτέλεσμα της σύνθεσης 2 κινήσεων:

- Μίας περιστροφής γύρω από τον Ήλιο, η περίοδος της οποίας μας δίνει το έτος κάθε πλανήτη, και πραγματοποιείται κατά την ορθή φορά (δηλ. αντίθετα από τη φορά της κίνησης των δεικτών του ρολογιού)
- Μίας περιστροφής γύρω από τον άξονα συμμετρίας τους (δηλ. γύρω από τον εαυτό τους), η περίοδος της οποίας αποτελεί το ημερονύχτιο κάθε πλανήτη. Και αυτή η κίνηση πραγματοποιείται κατά την ορθή φορά, με εξαίρεση την Αφροδίτη που περιστρέφεται κατά την αντίθετη φορά, η οποία καλείται ανάδρομη (**retrograde**).

Ο άξονας περιστροφής των πλανητών σχηματίζει κλίση ως προς το επίπεδο της τροχιάς τους. Η κλίση αυτή που καλείται λόξωση (obliquity) καθορίζει τις εποχές, αφού εξαιτίας της μεταβάλλεται το ποσό της ακτινοβολίας που δέχεται κάθε περιοχή του πλανήτη στη διάρκεια ενός έτους. Γενικά, η λόξωση υπολογίζεται ως προς την κάθετο στο επίπεδο της τροχιάς κάθε πλανήτη, και είναι της τάξης των μερικών μοιρών (πλην του Ουρανού και του Πλούτωνα).

ΛΟΞΩΣΗ – ΚΛΙΣΗ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟΥ:

Έτσι τα επίπεδα που ορίζονται από τους πλανητικούς ισημερινούς σχηματίζουν πολύ μικρές γωνίες με τα επίπεδα των τροχιών τους (κλίση ισημερινού). Η κλίση του ισημερινού (επομένως και η λόξωση) είναι διαφορετική για κάθε πλανήτη, πάντως είναι λίγων μοιρών για όλους εκτός του Ουρανού και του Πλούτωνα. Ο Ουρανός και ο Πλούτωνα παρουσιάζουν μεγάλη λόξωση αφού ο άξονας τους είναι τόσο κεκλιμένος που σχεδόν ακουμπάει στο επίπεδο της τροχιάς τους (δηλαδή ο ισημερινός τους είναι σχεδόν κάθετος στο επίπεδο της τροχιάς τους). Η μεγαλύτερη κλίση είναι αυτή της Αφροδίτης ($177,3^{\circ}$), η οποία εξαιτίας της ανάδρομης περιστροφής της στρέφει τον άξονα της προς τα κάτω.



ΕΚΛΕΙΠΤΙΚΗ:

Η κίνηση κάθε πλανήτη γύρω από τον Ήλιο δημιουργεί ένα επίπεδο. Τα επίπεδα των τροχιών όλων των πλανητών (πλην του Πλούτωνα) έχουν την ίδια περίπου κλίση, δηλαδή είναι σχεδόν συνεπίπεδα. Το μέσο επίπεδο πάνω το οποίο κινούνται όλοι οι πλανήτες και το οποίο διέρχεται από το σημείο $K(0,0)$ της ουράνιας σφαίρας ονομάζεται επίπεδο της εκλειπτικής (**ecliptic plane**). Η τομή του επιπέδου αυτού με την ουράνια σφαίρα ονομάζεται εκλειπτική (**ecliptic**), και δεν πρόκειται για τίποτε άλλο παρά για έναν μέγιστο κύκλο της ουράνιας σφαίρας. Ας μην ξεχνάμε πως η ουράνια σφαίρα έχει την κλίση του άξονα της Γης αφού αποτελεί προέκταση αυτής, άρα το επίπεδο της εκλειπτικής που είναι το επίπεδο τροχιάς της Γης, θα έχει κλίση ως προς τον ουράνιο ισημερινό.

Καθώς τώρα η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο, τον βλέπει να προβάλλει πάνω στην εκλειπτική. Έτσι κατά τη διάρκεια ενός έτους, ο Ήλιος φαίνεται να την διαγράφει. Κατά παρόμοιο τρόπο βλέπει και τους πλανήτες να προβάλλουν όπως κινούνται, επειδή όμως τα επίπεδα των τροχιών τους διαφοροποιούνται λίγο ως προς την εκλειπτική βλέπει τις προβολές τους όχι να τη διαγράφουν, αλλά να βρίσκονται μέσα σε μία στενή ζώνη πλάτους ($\pm 8^\circ$) εκατέρωθεν αυτής, δηλαδή μία ζώνη 16° , τη ζώνη της εκλειπτικής. Στη ζώνη αυτή και σε ίσες περίπου αποστάσεις βρίσκονται οι 12 αστερισμοί, γι' αυτό τη συναντάμε και με το όνομα ζωδιακή ζώνη ή ζωδιακό κύκλο. Έτσι ο Ήλιος και οι πλανήτες κατά την κίνηση τους, φαίνονται να διέρχονται από τους 12 οίκους.

ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΣΗ ΠΛΑΝΗΤΩΝ:

- Κατά την κίνηση τους γύρω από τον Ήλιο, οι πλανήτες δύναται να ευθυγραμμιστούν με αυτόν ή να βρεθούν σε ορισμένες χαρακτηριστικές θέσεις που έχουν σημασία στην αστρονομία, γι' αυτό και ονομάζονται με συγκεκριμένο τρόπο. Έτσι, όταν ένας πλανήτης είναι

ευθυγραμμισμένος με τη Γη και τον Ήλιο, δηλαδή όταν βρίσκεται στη νοητή γραμμή ΓΗΣ-ΗΛΙΟΥ λέμε ότι ο πλανήτης αυτός βρίσκεται σε **συζυγία με τον Ήλιο** και διακρίνουμε 2 περιπτώσεις.

- Όταν ο Ήλιος είναι τοποθετημένος μεταξύ του πλανήτη και της Γης ή όταν ο πλανήτης βρίσκεται μεταξύ Γης και Ήλιου έχουμε σύνοδο, ενώ όταν η Γη είναι τοποθετημένη μεταξύ του πλανήτη και του Ήλιου έχουμε αντίθεση δηλαδή στην περίπτωση αυτή ο πλανήτης περιφέρεται αποκλειστικά και μόνο σε εξώτερη της Γης τροχιά. (Τα ίδια ισχύουν και για τους πλανήτες με τους δορυφόρους τους) Όταν 3 ουράνια σώματα σχηματίζουν μεταξύ τους ορθή γωνία έχουμε **τετραγωνισμό**.
- **Αποχή** ενός πλανήτη ονομάζεται η γωνία με την οποία βλέπει ένας γήινος παρατηρητής την απόσταση του πλανήτη από τον Ήλιο, όπως αυτή προβάλλεται στην ουράνια σφαίρα.
- **Φάσεις** ενός εσωτερικού πλανήτη (σώμα που περιφέρεται σε τροχιά μικρότερης ακτίνας από αυτή της Γης) ονομάζουμε τις διαφορετικές μορφές που παρουσιάζουν τα φωτισμένα από τον Ήλιο μέρη του. Οι πλανητικές φάσεις είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών γωνιών που σχηματίζονται μεταξύ πλανήτη και Ήλιου όπως αυτές ορώνται από τη Γη.

ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΙΝΗΣΗ:

Όπως είδαμε παραπάνω, μέσα στη ζώνη της εκλειπτικής βλέπουμε τους πλανήτες να κινούνται στην ουράνια σφαίρα κατά την ορθή φορά. Η κίνηση όμως αυτή δεν είναι πάντοτε ομαλή, με αποτέλεσμα οι πλανήτες ν' αλλάζουν ξαφνικά κατεύθυνση και κινούμενοι κατά την ανάδρομη φορά να δείχνουν σα να οπισθοχωρούν. Τη στιγμή της φαινομενικής

αλλαγής της κατεύθυνσης τους δείχνουν ν' ακινητούν σε κάποια σημεία, που γι' αυτό το λόγο καλούνται στηριγμοί ή στάσεις. Το φαινόμενο αυτό δεν είναι πραγματικό· οφείλεται στο γεγονός ότι η Γη κινείται πιο γρήγορα, αφενός γιατί η τροχιά της γύρω από τον Ήλιο είναι μικρότερη σε μήκος, όσον αφορά τους εξωτερικούς πλανήτες, αφετέρου δε γιατί έχει μεγαλύτερη τροχιακή ταχύτητα από αυτούς, και έτσι προπορευόμενη βλέπει τις προβολές τους στην ουράνια σφαίρα να οπισθοχωρούν, ενώ πρωθύστερα τις έβλεπε να ηγούνται. Όσον αφορά τους εσωτερικούς πλανήτες δημιουργείται το ίδιο φαινόμενο, μόνο που τώρα η Γη κινείται πιο αργά αλλά βλέπει την προβολή των πλανητών στην άλλη πλευρά της ουράνιας σφαίρας, πίσω από τον Ήλιο.

2. ΝΟΜΟΙ ΘΕΣΗΣ – ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Το πλανητικό σύστημα είναι ένα ΜΗΧΑΝΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΩΜΑΤΩΝ. Αυτό σημαίνει ότι υπόκειται στους νόμους της μηχανικής όσον αφορά την θέση και την κίνηση των σωμάτων, δηλαδή σε 4 νόμους: τους 3 του **Κέπλερ** και τον νόμο βαρυτικής αλληλεπίδρασης του Νεύτωνα.

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΚΕΠΛΕΡ

1. ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ ΕΛΛΕΙΨΕΩΝ:

Οι πλανήτες κινούνται γύρω από τον Ήλιο διαγράφοντας ελλειπτικές τροχιές, στη μία εστία των οποίων βρίσκεται ο Ήλιος.

2. ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ ΙΣΩΝ ΕΜΒΑΔΩΝ:

Η επιβατική ακτίνα κάθε πλανήτη (εάν θεωρηθεί ο Ήλιος ως αρχή των συντεταγμένων), σαρώνει σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά A , δηλαδή οι πλανήτες δεν κινούνται πάνω στις τροχιές τους ισοταχώς αλλά μεταβάλλουν τις ταχύτητες τους έτσι ώστε η επιβατική ακτίνα να σαρώνει σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά. (τα διαστήματα όμως, s_1 και s_2 είναι άνισα.)

3. ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ:

Το τετράγωνο της περιόδου P κάθε πλανήτη είναι ανάλογο προς τον κύβο του μεγάλου ημιάξονα a της ελλειπτικής τροχιάς του:

Όπου $K = 2,97 \times 10^{-9} s^2/m^3$, η σταθερά αναλογίας, $M_{\odot}$, m_p = οι μάζες του Ήλιου και του πλανήτη αντίστοιχα.

ΝΟΜΟΣ ΒΑΡΥΤΙΚΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Κάθε σώμα στο σύμπαν έλκει κάθε άλλο σώμα με δύναμη που είναι ανάλογη προς το γινόμενο των μαζών τους και αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης τους. Το μέτρο της βαρυτικής δύναμης δίνεται από τη σχέση: όπου

$G = 6,672 \times 10^{-11} N^2/Kg^2$, η παγκόσμια βαρυτική σταθερά
 r = η απόσταση των 2 σωμάτων και
 m_1, m_2 = οι μάζες των 2 σωμάτων.

Οι 4 αυτοί νόμοι προϋποθέτουν την ύπαρξη 2 μόνο σωμάτων που αλληλεπιδρούν, ενώ στο ηλιακό σύστημα έχουμε πολλά. Αυτό σημαίνει πως με την πάροδο του χρόνου, οι τροχιές των πλανητών αποκλίνουν ως προς τους νόμους αυτούς (γεγονός που συνηγορεί υπέρ της άποψης ότι οι τροχιές των πλανητών είναι χαοτικές).

ΟΙ ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Οι τροχιές των περισσότερων πλανητών, εκτός του Ερμή, του Άρη και του Πλούτωνα, προσεγγίζουν πολύ τις κυκλικές, χωρίς όμως ο Ήλιος να βρίσκεται στο κέντρο των τροχιών τους, αλλά στη μία εστία τους. Αυτό σημαίνει ότι ο πλανήτης κατά την περιφορά του δεν απέχει την ίδια συνεχώς απόσταση από τον Ήλιο. Η θέση της ελάχιστης απόστασης από τον Ήλιο, στην οποία μπορεί να βρεθεί ένας πλανήτης κατά την περιφορά του

γύρω από αυτόν, ονομάζεται περιήλιο (στο σχήμα συμβολίζεται με p και η απόσταση από τον Ήλιο στη θέση αυτή συμβολίζεται με RP), ενώ η θέση της μέγιστης απόστασης ονομάζεται αφήλιο (στο σχήμα συμβολίζεται με a και η απόσταση από τον Ήλιο στη θέση αυτή συμβολίζεται με Ra).

ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ

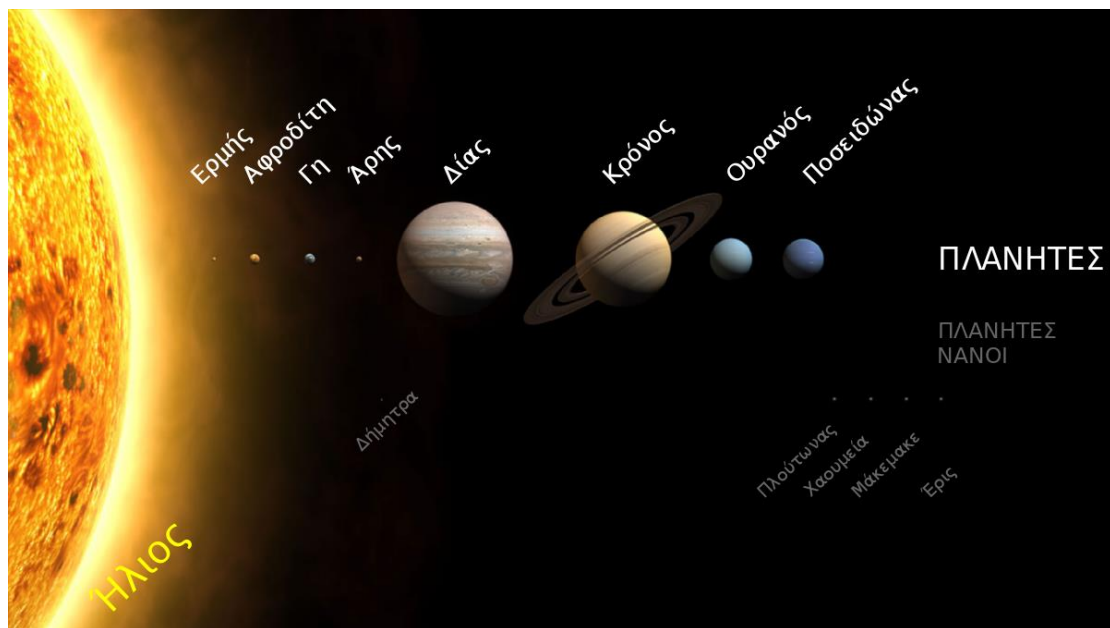
Όπως είδαμε από το νόμο βαρυτικής έλξης του Νεύτωνα, ο Ήλιος έλκει τους πλανήτες με δύναμη F , η οποία είναι κεντρική ελκτική δύναμη, δηλαδή ο φορέας της κείται επάνω στην ευθεία που ενώνει τον πλανήτη με τον Ήλιο, με κατεύθυνση πάντα προς το κέντρο του Ήλιου που θεωρείται σταθερό σημείο. Με λίγα λόγια είναι συγγραμμική με το διάνυσμα θέσης του πλανήτη. Μία κεντρική δύναμη είναι συνάρτηση μόνο του r , $F=F(r)$. Τότε επειδή η δύναμη είναι συγγραμμική με το διάνυσμα θέσης (άρα το εξωτερικό τους γινόμενο δίνει μηδέν), στον πλανήτη ασκείται μηδενική ροπή: Όμως η ροπή ισούται με τον ως προς το χρόνο ρυθμό μεταβολής της στροφορμής, άρα: Επομένως η στροφορμή αποτελεί σταθερά της κίνησης και η κίνηση των πλανητών πραγματοποιείται σ' ένα επίπεδο που ορίζουν τα r και u (γι' αυτό λέμε ότι οι τροχιές των πλανητών ορίζουν επίπεδα).

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ

Θεωρούμε ένα αντικείμενο μάζας m , το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης (δηλαδή απέχει από το κέντρο της απόσταση $RΓ$) και εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα, μέτρου u , τέτοιο ώστε να μπορεί να διαφύγει από το βαρυτικό πεδίο της Γης. Αυτό σημαίνει ότι όταν το σώμα φτάνει στη μέγιστη απόσταση το μέτρο της ταχύτητας του θα είναι μηδέν. Τότε από την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας θα είναι:

$$u_{\delta} = \sqrt{\frac{2MG_{\Gamma}}{R_{\Gamma}}}$$

Η u_{δ} είναι η ταχύτητα διαφυγής, δηλαδή η ελάχιστη αρχική ταχύτητα που πρέπει να έχει το σώμα ώστε να διαφύγει από το βαρυτικό πεδίο της Γης (αντίστοιχα και για κάθε πλανήτη μάζας M_{π} και ακτίνας R_{π}) και να φτάσει στο άπειρο -με μηδενική ταχύτητα-.



NOMOS TITIUS – BODE

Ένα ερώτημα που απασχόλησε πολύ την επιστημονική κοινότητα και είχε να κάνει με τις θέσεις των πλανητών, ήταν το αν υπάρχει ένας νόμος που να μπορεί να περιγράψει τις αποστάσεις των πλανητών από τον Ήλιο· ένα ερώτημα που παρέπεμπε στο πρόβλημα της μελέτης της εκλειπτικής και των τροχιών (αν μία τροχιά είναι ευσταθής τότε πρέπει αυτή να είναι τροχιά ελάχιστης ενέργειας - μπορούμε από αυτό και από την εκλειπτική να προσδιορίσουμε τις θέσεις των πλανητών). Αντί όμως για τη δημιουργία ενός νόμου, ήρθε το 1777 η πρόταση του αστρονόμου Johann Elert Bode (1747-1826) βασιζόμενη στις παρατηρήσεις του συναδέλφου του Johann

Daniel Titius (1729-1796), η οποία όμως δείχνει να μην έχει κανένα σημείο αναφοράς και να ξεπροβάλλει από το πουθενά. Ο Bode λοιπόν πρότεινε μία σειρά αριθμών, η οποία δημιουργήθηκε από μία άλλη σειρά που ξεκινά από το 0, συνεχίζει με το 3 και περιλαμβάνει στη συνέχεια αριθμούς που ο καθένας μετά τον 3 είναι διπλάσιος από τον προηγούμενό του: { 0, 3, 6, 12, 24, 48 και 96 }. Στη συνέχεια οι όροι της σειράς αυτής αναίτια αυξήθηκαν κατά 4 δίνοντας μία νέα σειρά: { 4, 7, 10, 16, 28, 52 και 100 } και έπειτα διαιρέθηκαν κατά 10, δίνοντας την τελική μορφή της σειράς { 0,4, 0,7, 1, 1,6, 2,8, 5,2 και 10 } που δίνει σε αστρονομικές μονάδες τις κατά Titius-Bode αποστάσεις των τότε γνωστών πλανητών από τον Ήλιο, αν θεωρήσουμε την απόσταση ΓΗΣ-ΗΛΙΟΥ = 1 AU.

Η σειρά αυτή των αριθμών μετά την ανακάλυψη του Ουρανού του Ποσειδώνα και του Πλούτωνα επεκτάθηκε, όμως παρότι συνέκλινε με τις αποστάσεις των κοντινών στον Ήλιο πλανητών, απέκλινε όσον αφορά τους απομακρυσμένους πλανήτες, ενώ υπήρχε μεγάλη ασυμφωνία στην απόσταση του Δία. Όταν ανακαλύφθηκε η ζώνη των αστεροειδών, που βρίσκεται περίπου στην προβλεπόμενη από το νόμο των Titius-Bode απόσταση των 2,8 AU, υπήρξε μεγαλύτερη συμφωνία με τις παρατηρούμενες αποστάσεις, εκφράστηκε όμως η άποψη ότι ο Ποσειδώνας δεν ήταν από την αρχή μέλος του ηλιακού συστήματος.

Ο παραπάνω εμπειρικός νόμος εκφράζεται σήμερα από τη σχέση:

$$a = \frac{1}{3}(2^{n-2} + 1)$$

Η πρόταση των Titius-Bode, κατά κοινή παραδοχή, δημιουργήθηκε αυθαίρετα και δεν έχει κανένα μαθηματικό

υπόβαθρο και καμία φυσική σημασία. Όμως όπως εκ των υστέρων προέκυψε από τη μελέτη των αρχαίων ελληνικών κειμένων, η πρόταση αυτή βασίζεται στην πυθαγόρεια αριθμοσοφία, αναφορά στην οποία καθώς και στη πυθαγόρεια συσχέτιση {αποστάσεις πλανητών - αριθμητικές σχέσεις των τόνων της Μουσικής}, ανευρίσκουμε στον «Τίμαιο» του Πλάτωνα, έργο πολύ διαδεδομένο στους κύκλους των επιστημόνων την εποχή εκείνη που οι Titius-Bode πρότειναν τον νόμο των αποστάσεων.



❖ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΝΕΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Οι πλανήτες γύρω από άλλα άστρα είναι η νέα terra incognita, αφού ελάχιστες είναι πια οι ανεξερεύνητες περιοχές της Γης. Οι εξωπλανήτες βεβαίως εξάπτουν τη φαντασία – με τι θα μοιάζει ένας ξένος κόσμος; Θα μπορούσαμε να φτιάξουμε ένα νέο σπίτι εκεί; Πριν όμως να κάνουμε την πρώτη εξερεύνηση στο αλλοδαπό έδαφος, αυτοί οι πολύ διαφορετικοί κόσμοι πρέπει πρώτα να αναγνωριστούν και να ταξινομηθούν. Ευτυχώς, οι αστρονόμοι έχουν αναπτύξει μια σειρά από αποτελεσματικές μεθόδους για την εξεύρεση τους, έτσι ξεδιπλώστε τον χάρτη του Γαλαξία και ετοιμαστείτε να κυνηγήσετε κάποιους εξωπλανήτες.



1. Η μέθοδος της ακτινικής ταχύτητας

Τόσο η μέθοδος της ακτινικής ταχύτητας όσο και ο πολύ παλαιότερος πρόδρομος, η αστρομετρία, είναι στρατηγικές που χρησιμοποιούν το γεγονός ότι ένας πλανήτης ασκεί βαρυτική δύναμη στο γονικό αστέρι του, προκαλώντας την ταλάντευση του. Οι πλανήτες στο δικό μας Ηλιακό Σύστημα έχουν το ίδιο αποτέλεσμα πάνω στον Ήλιο.

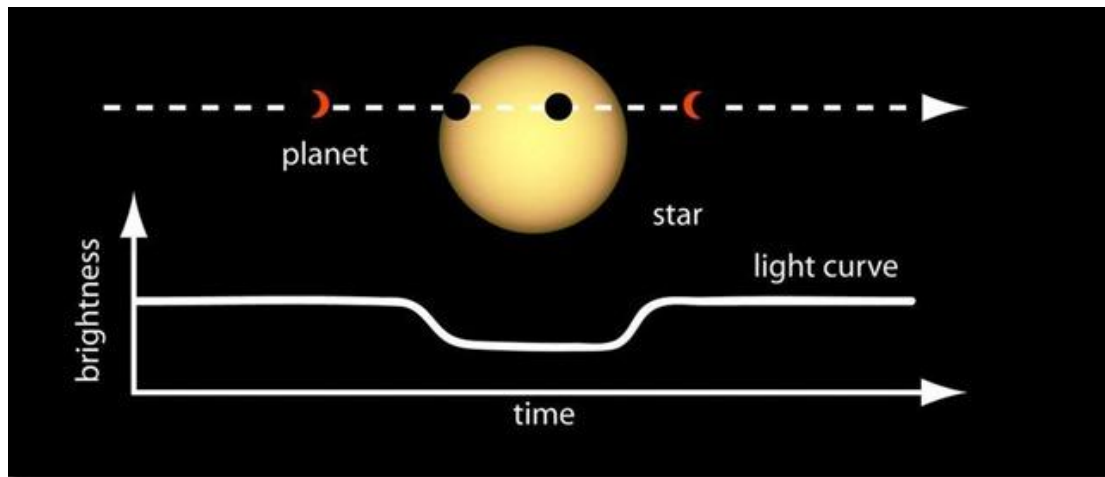
Αυτή η ταλάντωση μπορεί να μετρηθεί είτε με ακριβή αναφορά των διαφορών στην ακριβή θέση του αστέρα στον ουρανό (αστρομετρία) είτε με τη μέτρηση παραλλαγών στο μήκος κύματος ή το χρώμα του φωτός του αστέρα (μέθοδος ακτινικής ταχύτητας). Αυτές οι αλλαγές στο μήκος κύματος λόγω κίνησης, οι γνωστές μετατοπίσεις Doppler, μπορεί να είναι πολύ μικρές, πράγμα που περιορίζει τους τύπους πλανητικών συστημάτων που μπορεί να ανιχνεύσει αυτή η μέθοδος. Παρομοίως, οι μετατοπίσεις Doppler καθίστανται ακόμη πιο δύσκολες να παρατηρηθούν, αν η τροχιά του πλανήτη γέρνει ως προς την ευθεία που μας ενώνει ή και ακόμη και να εξαφανιστεί εξ ολοκλήρου αν η τροχιά είναι στραμμένη κατά πρόσωπο. Αντίθετα, αυτή η μέθοδος υπερέχει στην εύρεση μεγάλων πλανητών που στρέφονται πολύ κοντά σε μικρότερα αστέρια, καθώς αυτή η χαρακτηριστική ταλάντωση είναι πιο αισθητή

λόγω της αύξησης της βαρυτικής δύναμης του μεγάλου πλανήτη.

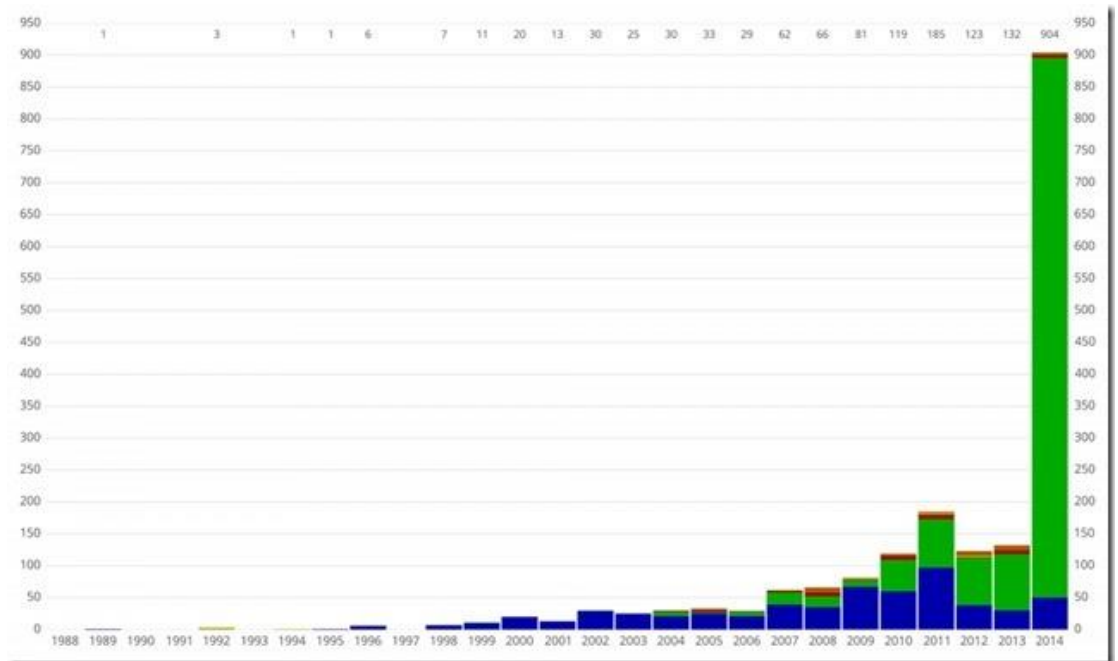
Παρότι η μέθοδος της ακτινικής ταχύτητας προτιμάται σήμερα, η αστρομετρία επιστρέφει, σε μεγάλο βαθμό χάρη στην αποστολή Gaia της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας, η οποία επί του παρόντος παρατηρεί πάνω από ένα δισεκατομμύριο αστέρια. Η χρήση της αστρομετρίας για την εύρεση των πλανητών έχει τα πλεονεκτήματά της. αυτή η μέθοδος μπορεί να βρει πλανήτες που έχουν πιο μακρινές τροχιές και η υψηλή ακρίβειά της καθιστά δυνατή την εξεύρεση και μικρότερων πλανητών, καθιστώντας την ένα βασικό εργαλείο στην αναζήτηση ενός κατοικήσιμου, πλανήτη που να μοιάζει με τη Γη.

2. Η Μέθοδος Διέλευσης

Η μέθοδος της διέλευσης είναι μακράν η πιο χρησιμοποιούμενη στρατηγική για την ανακάλυψη εξωπλανητών και η πρόσφατη εκτόξευση του Ερευνητικού Δορυφόρου Διέλευσης (TESS) της NASA είναι άμεση συνέπεια της επιτυχίας αυτής της μεθόδου. Η ιδέα είναι σχετικά απλή: οι αστρονόμοι μπορούν να παρατηρήσουν την περιοδική εξασθένιση της φωτεινότητας ενός αστέρα που προκαλείται από έναν εξωπλανήτη που περνάει ανάμεσα στο αστέρι και τη Γη.



Χάρη στις αμέτρητες παρατηρήσεις των αποστολών [Kepler](#) και K2 της NASA, υπάρχουν περισσότερες καμπύλες φωτός που πρέπει να αναλυθούν, από όσους αστρονόμους έχουμε για να τις επεξεργαστούν. Δεν χρειάζεται να είσαι αστρονόμος ή ακόμα και να έχεις κάποια εμπειρία αστρονομίας για να βρεις πλανήτες. Το πρότζεκτ [Zooniverse](#) εκμεταλλεύτηκε την αφθονία των παρατηρήσεων του Kepler και κυκλοφόρησε τα δεδομένα του (με μαθήματα) στο κοινό στο [σχέδιο Planet Hunters](#), που επιτρέπει σε κάθε άτομο να μάθει, να αναλύει καμπύλες φωτός και να ανακαλύψει έτσι εξωπλανήτες.



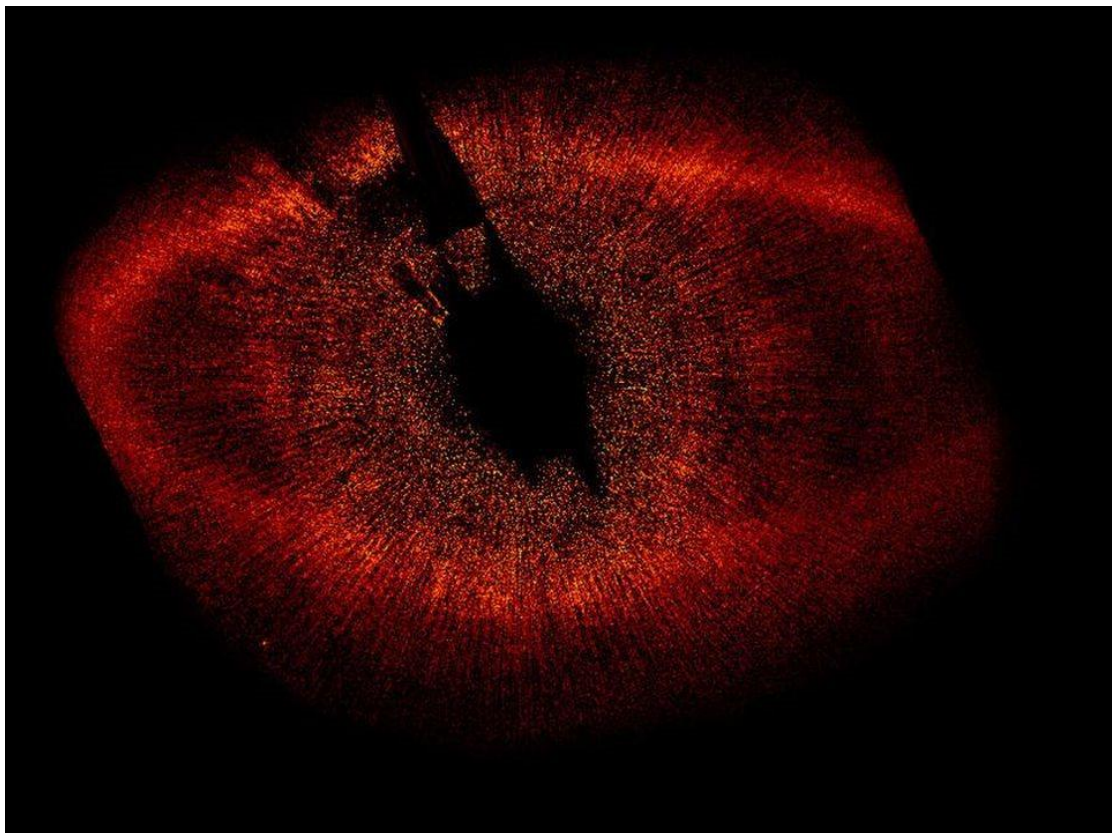
Μια από τις πιο χρήσιμες πτυχές της μεθόδου διέλευσης είναι ότι οι αστρονόμοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν δεδομένα από την καμπύλη φωτός για να μελετήσουν την ατμόσφαιρα του εξωπλανήτη. Κατά τη διάρκεια της εισόδου του μπροστά από το αστέρι, όταν δηλαδή ο πλανήτης αρχίζει να μειώνει το φως του γονικού άστρου, η ατμόσφαιρα του θα διέρχεται πρώτα. Ομοίως, κατά την έξοδο του, η ατμόσφαιρα θα είναι το τελευταίο μέρος του πλανήτη που θα περάσει μπροστά από το αστέρι. Μελετώντας τις λεπτομέρειες του μήκους κύματος της καμπύλης φωτός κατά τη διάρκεια της εισόδου και εξόδου, οι αστρονόμοι μπορούν να αναγνωρίσουν τη χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας του εξωπλανήτη.

Δυστυχώς, το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το υψηλό ποσοστό ψευδών ανιχνεύσεων. Μια μελέτη που διεξήχθη το 2012 υποδηλώνει ότι το ποσοστό των λανθασμένων ανιχνευθέντων πλανητών μπορεί να φθάσει το 35%. Για να μετριαστεί αυτός ο μεγάλος βαθμός σφάλματος, οι παρατηρήσεις διέλευσης συνδυάζονται καλύτερα με μια επιβεβαιωμένη ανίχνευση χρησιμοποιώντας μία από τις άλλες μεθόδους.

3. Άμεση απεικόνιση

Παρόλο που είναι συνήθως αδύνατο να συμβεί, μερικές φορές οι αστρονόμοι είναι σε θέση να απεικονίσουν απευθείας έναν εξωπλανήτη – αν ο πλανήτης είναι μεγάλος, ζεστός, έχει μια μεγάλη τροχιά και είναι αρκετά μακριά από το γονικό άστρο, άρα το φως του δεν έχει χαθεί από το πολύ φωτεινότερο αστέρι. Όσο δύσκολο και σπάνιο μπορεί να είναι, οι αστρονόμοι έχουν αποτυπώσει επιτυχώς εξωπλανήτες σε αρκετές περιπτώσεις.

Το 2008, ένας εξωπλανήτης που περιστρέφεται γύρω από το αστέρι Fomalhaut απεικονίστηκε απευθείας χρησιμοποιώντας το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble. Λίγο πιο μεγάλο από τον Δία και εξαιρετικά φωτεινό, αυτός ο εξωπλανήτης βρίσκεται στη διαδικασία χάραξης ενός μονοπατιού μέσα από τον πυκνό δίσκο αερίου και σκόνης που περιβάλλει το άστρο Fomalhaut.



Παρόλο που οι εξωπλανήτες με απευθείας απεικόνιση είναι αρκετά ασυνήθιστο σήμερα, οι μελλοντικές εξελίξεις στην ακρίβεια και το βάθος των τηλεσκοπίων θα μπορούσαν να καταστήσουν αυτήν την πιο αξιόπιστη και αποτελεσματική μέθοδο για την παρατήρηση των εξωπλανητών. Με νέες αποστολές, όπως το διαστημικό τηλεσκόπιο James Webb (JWST) που εκτοξεύεται στο εγγύς μέλλον, είναι μόνο θέμα χρόνου μέχρι να βρεθούν περισσότερες εξωπλανήτες μέσω απευθείας απεικόνισης.

4. Ανίχνευση με βαρυτικό εστιασμό

Μια άλλη μέθοδος εξεύρεσης εξωπλανητών βασίζεται σε ένα φαινόμενο που ονομάζεται βαρυτικός εστιασμός. Αυτό συμβαίνει όταν το βαρυτικό πεδίο ενός αστέρα στο προσκήνιο (πιο κοντά μας) ενεργεί ως βαρυτικός φακός στο φως ενός απομακρυσμένου αστέρος. Ουσιαστικά, η βαρύτητα του πλησιέστερου αστέρα λειτουργεί σαν μεγεθυντικός φακός, επιτρέποντας έτσι στους αστρονόμους να βλέπουν αντικείμενα που διαφορετικά θα ήταν πολύ μακριά ή πολύ μικρά για να τα δούμε. Εάν ο βαρυτικός αστέρας (ο μεγεθυντικός φακός) έχει έναν πλανήτη που στρέφεται γύρω του, αυτό μπορεί να διαταράξει το φαινόμενο του βαρυτικού φακού με μετρήσιμο τρόπο. Ωστόσο, για να μπορέσει να συμβεί, τα δύο αστέρια και ο πλανήτης πρέπει να ευθυγραμμιστούν με ακρίβεια κάτι πολύ απίθανο, καθιστώντας τους ανιχνευθέντες εξωπλανήτες με αυτή τη μέθοδο πολύ ασυνήθιστους.

Σε αντίθεση με τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους, ο βαρυτικός μικροεστιασμός υπερέχει στην εύρεση μικρών πλανητών με μεγαλύτερες τροχιές γύρω από μακρινά αστέρια,

οπότε αν και η απαραίτητη ευθυγράμμιση είναι σπάνια, αυτή η μέθοδος επιτρέπει στους αστρονόμους να εντοπίσουν πλανήτες που διαφορετικά θα χάνονταν. Δυστυχώς, οι παρατηρήσεις με μικροεστιασμό δεν μπορούν να επαναληφθούν, οπότε οι αστρονόμοι έχουν μια μοναδική ευκαιρία να ανιχνεύσουν έναν πλανήτη κατά τη διάρκεια αυτού του σπάνιου, σύντομου γεγονότος.

Είτε οφείλονται σε αστρικές ταλαντεύσεις είτε σε ένα τυχερό φαινόμενο βαρυτικών φακών, οι ανιχνεύσεις εξωπλανήτων αυξάνονται ραγδαία και θα συνεχίσουν να γίνονται πιο συνηθισμένες, ειδικά με δεδομένα από αποστολές όπως ο [TESS](#). Αν και δεν έχει βρεθεί ακόμα ένας τέλειος δίδυμος εξωπλανήτης της Γης, η ποικιλία και η αφθονία των πλανητικών συστημάτων που αποκαλύπτονται, αποκαλύπτουν ότι οι πλανήτες είναι πολύ πιο κοινοί από ότι αρχικά είχαμε σκεφτεί. Μέχρι να γίνει αυτή για πρώτη φορά αυτή η ανακάλυψη ορόσημο (σαν τη Γη μας), πρόκειται απλώς για την απόλαυση της τεράστιας ποικιλότητας των πλανητών που παρατηρήθηκαν ήδη στον Γαλαξία μας και για τη συνέχιση του κυνηγιού για έναν νέο, κατοικήσιμο κόσμο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

<https://manosdanezis.gr/wp-content/uploads/2017/08/27aptt-1.pdf>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BE%CF%89%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%80%CE%BB%CE%B1%CE%BD%CE%AE%CF%84%CE%B7%CF%82

<http://physics4u.gr/blog/2018/05/08/%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CF%8D%CF%80%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%BD-%CE%BD%CE%AD%CE%BF%CF%85%CF%82/>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1