

Εξωηλιακοί Πλανήτες

[Download PDF](#)

Θεοδώρα Γκάγκα, Ιούλιος 2006

Ινστιτούτο Αστρονομίας & Αστροφυσικής, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ
2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΞΩΗΛΙΑΚΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΑΝΑΚΑΛΥΦΘΕΙ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΥΡΕΣΗΣ ΕΞΩΗΛΙΑΚΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αντί Εισαγωγής: Τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν πλανητικά συστήματα και σε άλλους αστέρες πέρα από τον Ήλιο. Τα περισσότερα από αυτά αποτελούνται από πλανήτες που είναι της τάξεως μεγέθους του Δία και περιφέρονται σε πολύ κοντινή απόσταση γύρω από τους μητρικούς τους αστέρες. Τελευταία όμως με την ανακάλυψη του **OGLE 2005-BLG-390Lb**, στις 25 Ιανουαρίου 2006, μέσω τις νέας μεθόδου εύρεσης εξωηλιακών πλανητών, γνωστή ως "μέθοδος των μικροβαρυτικών φακών", φαίνεται ότι τελικά υπάρχουν και εξωηλιακοί πλανήτες που προσομοιάζουν στη Γη! Αυτή η μέθοδος δίνει ελπίδες για εύρεση και άλλων "γήινων" εξωηλιακών πλανητών. Επιπλέον σημαντικά αποτελέσματα αναμένονται και από προγραμματισμένες μελλοντικές διαστημικές αποστολές. Σε αυτό το άρθρο γίνεται μία ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των σχετικών ανακαλύψεων, αναφέρονται οι γνωστές μέχρι σήμερα κατηγορίες εξωηλιακών πλανητών και στη συνέχεια αναλύονται οι πιο γνωστές μέθοδοι εύρεσης εξωηλιακών πλανητών.



1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι πρώτες μελέτες σχετικά με την πιθανή ύπαρξη πλανητών εκτός του Ηλιακού μας συστήματος είναι αυτές του αστρονόμου **Peter van de Kamp** (ο οποίος αφιέρωσε τη ζωή του σε αυτή την αναζήτηση). Ξεκίνησε την έρευνά του το 1937 μαζί με τον **Kaj A. Strand** και την **Sarah Lee Lippincott** στο αστεροσκοπείο Sproull της Φιλαδέλφειας των ΗΠΑ ψάχνοντας για πλανήτες γύρω από 54 αστέρες που απέχουν 16 έτη φωτός από τον Ήλιο. Μέσα στις επόμενες δύο δεκαετίες ανακοίνωσαν την ανακάλυψη τέτοιων πλανητών όπως για παράδειγμα γύρω από τους αστέρες 61 Cygni, Ross 614, και Lalande 21185. Το 1963, ο Van de Kamp υποστήριξε ότι ανακάλυψε έναν γιγάντιο εξωηλιακό πλανήτη (με μάζα 11 φορές τη μάζα του Δία) να περιστρέφεται γύρω από τον αστέρα Barnard [11] και τα επόμενα χρόνια ανακοίνωσε την ανακάλυψη και άλλων εξωηλιακών πλανητών. Τα αποτελέσματά του όμως, - που προέκυπταν από τη μέθοδο της αστρομετρίας (βλ. κεφάλαιο 3) - αμφισβητήθηκαν από άλλους αστρονόμους όπως από π.χ. από τον **Robert Harrington** ο οποίος υποστήριξε ότι θα μπορούσαν να αποτελούν συστηματικό σφάλμα μέτρησης και όχι ένδειξη ύπαρξης πλανητών! Παρόλα αυτά ο van de Kamp εξακολούθησε τις μελέτες του και το 1976 ανακοίνωσε ότι ο αστέρας Barnard δεν είχε μόνο έναν πλανήτη αλλά δύο με μάζες 0.7 και 1.2 φορές τη μάζα του Δία αντίστοιχα! [12] Τη δεκαετία του '80, ανεξάρτητες μελέτες έδειξαν ότι τελικά αυτά τα αποτελέσματα ήταν λανθασμένα!

Το 1988, οι **Campbell et al** [3] αναφέρουν την πιθανή ύπαρξη εξωηλιακού πλανήτη γύρω από τον **Alrai** (γ Cerphei) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας (βλ. κεφάλαιο 3) αλλά μόλις το 2005 επιβεβαιώνεται πλήρως αυτή η αναφορά. Το 1991 ο **Andrew Lyne** υποστηρίζει την ύπαρξη ενός εξωηλιακού πλανήτη να περιστρέφεται γύρω από τον πάλσαρ PSR 1829-10. Όμως ένα χρόνο μετά αποσύρει τον ισχυρισμό του αυτόν καθώς βρέθηκε ότι είχε κάνει λάθος υπολογισμούς σχετικά με την κίνηση της Γης!

Τελικά για πρώτη φορά, το 1992, επιβεβαιώνεται από τον Πολωνό **Wolszczan** και τον **D. Frail** η ανακάλυψη εξωηλιακού πλανήτη και συγκεκριμένα γύρω από πάλσαρ. Σε σχετικό άρθρο τους αναφέρουν την ανακάλυψη δύο εξωηλιακών πλανητών και θεωρούν ότι πιθανότατα υπάρχει και τρίτος γύρω από τον πάλσαρ **PSR B1257+12** [13].

Ανακάλυψη εξωηλιακού πλανήτη γύρω από αστέρα της κύριας ακολουθίας γίνεται για πρώτη φορά στις 5 Οκτωβρίου 1995 από τους **Michel Mayor** και **Didier Queloz** του Αστεροσκοπείου της Γενεύης στην Ελβετία με τη μέθοδο των ακτινικών ταχυτήτων [7] (βλ. κεφάλαιο 3). Αυτή η ανακάλυψη ήρθε σε αντίθεση με την γενική θεωρητική παραδοχή που επικρατούσε μέχρι τότε, ότι δηλαδή οι εξωηλιακοί πλανήτες θα έπρεπε να έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτούς του Ηλιακού μας συστήματος. Παρόλα αυτά αυτός ο πλανήτης, - που ονομάστηκε **51 Pegasi b** (ή αλλιώς **Bellerophon**), - είχε τροχιά γύρω από τον μητρικό του αστέρα σε απόσταση ίση με το 1/8 της απόστασης μεταξύ του Ήλιου και του Ερμή ενώ το μέγεθός του ήταν σχεδόν το μισό του Δία!

Στη συνέχεια ανακαλύφθηκαν και άλλοι εξωηλιακοί πλανήτες με αυτή τη μέθοδο. Εκτός όμως από τη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας υπάρχουν και άλλες μέθοδοι, όπως είναι μέσω της αστρομετρίας, των διελεύσεων, της άμεσης ανίχνευσης και φωτογράφισης, των μικροβαρυτικών φακών, κ.α. όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΞΩΗΛΙΑΚΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΑΝΑΚΑΛΥΦΘΕΙ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ

- **«Καυτοί» Δίες (Hot Jupiters)**

Είναι αέριοι πλανήτες που έχουν παρόμοιο μέγεθος με του Δία αλλά περιστρέφονται σε κοντινές κυκλικές τροχιές απέχοντας πολύ λίγο από τον μητρικό τους αστέρα (σε αντίθεση με τον Δία). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η περίοδος περιστροφής τους να διαρκεί λίγες μόνο ημέρες.

- **Έκκεντροι Πλανήτες (Eccentric Planets)**

Είναι γιγάντιοι αέριοι πλανήτες που κινούνται σε ιδιαίτερα ελλειπτικές τροχιές. Μια θεωρητική εξήγηση αυτού του είδους τροχιάς είναι ότι καθώς δύο μεγάλοι πλανήτες πλησιάζουν μεταξύ τους, ο ένας καταλήγει σε ελλειπτική τροχιά ενώ ο άλλος εκσφενδονίζεται από το ηλιακό σύστημα (planetary reject / planetar).

- **Πλανήτες ανάλογοι του Δία (Jupiter Analogues)**

Εδώ ανήκουν εξωηλιακοί πλανήτες που έχουν χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του Δία, δηλαδή έχουν ανάλογες μάζες και περιόδους περιστροφής. Απαιτείται μακρόχρονη παρατήρηση για την ανακάλυψη αυτών των πλανητών καθώς η περίοδος περιστροφής τους είναι ~ 12 χρόνια. Ο πρώτος πλανήτης αυτής της κατηγορίας ανακαλύφθηκε από την ομάδα της Γενεύης τον Ιούνιο του 2002. Έχει παρόμοια μάζα με του Δία, απέχει 3.7 AU από τον μητρικό του αστέρα (ενώ ο Δίας απέχει 5.2 AU από τον Ήλιο) και περιστρέφεται γύρω από αυτόν κάθε 7 περίπου χρόνια.

- **Γήινοι Πλανήτες**

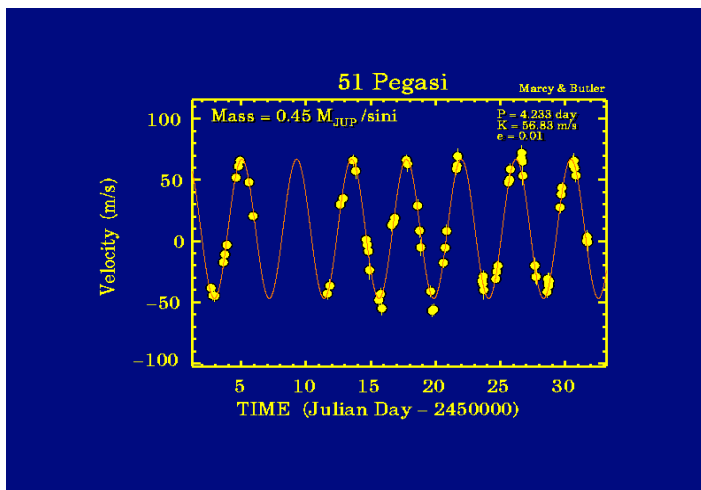
Είναι πλανήτες που έχουν χαρακτηριστικά ανάλογα με αυτά της Γης.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΥΡΕΣΗΣ ΕΞΩΗΛΙΑΚΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

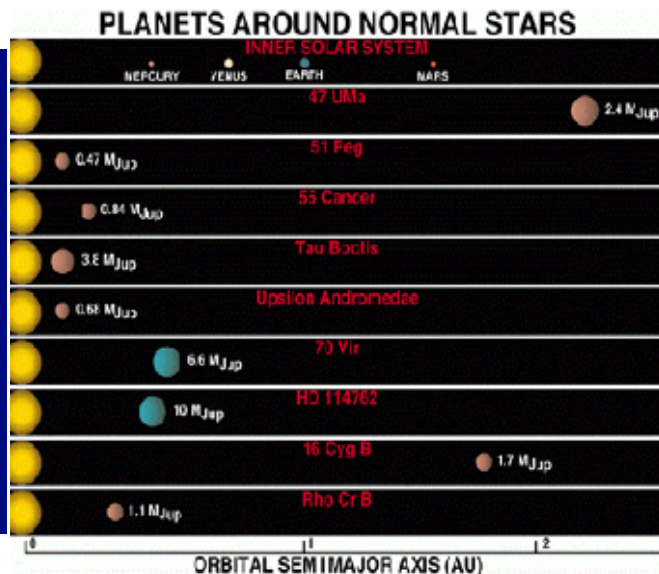
Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις διάφορες μεθόδους εύρεσης εξωηλιακών πλανητών:

Μέσω της ακτινικής ταχύτητας (Radial Velocity)

Μέχρι στιγμής οι περισσότεροι εξωηλιακοί πλανήτες έχουν βρεθεί μέσω της ακτινικής ταχύτητας (φαινόμενο Doppler). Κατά τη μέθοδο αυτή, λαμβάνεται το φάσμα του αστέρα και στην περίπτωση που παρατηρείται μετακίνηση των φασματικών γραμμών του σημαίνει ότι υπάρχει πλανήτης γύρω από αυτόν. Αυτό συμβαίνει διότι ο πλανήτης προκαλεί μία πολύ μικρή ταλάντωση του μητρικού αστέρα γύρω από το κοινό τους βαρύκεντρο (όπως προκύπτει από την επίλυση του προβλήματος των δύο σωμάτων). Έτσι όταν ο μητρικός αστέρας πλησιάζει προς τη Γη, οι φασματικές γραμμές του μετατοπίζονται προς το κυανό ενώ όταν απομακρύνεται μετατοπίζονται προς το ερυθρό.



Εικόνα 1- Το προφίλ της ταχύτητας του αστέρα 51Peg κατά τη διάρκεια ενός μήνα από τις 12 Οκτωβρίου 1995. Σ'αυτό παρατηρείται η μικρή αναμενόμενη μεταβολή της ταχύτητας του αστέρα λόγω της ύπαρξης πλανήτη. (© Data from Lick Observatory)



Εικόνα 2- Εδώ βλέπουμε μερικούς από τους εξωηλιακούς πλανήτες που έχουν βρεθεί με τη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας.

Τα δεδομένα που επεξεργάζονται οι ερευνητικές ομάδες προέρχονται κυρίως από επίγειες παρατηρήσεις. Γι'αυτό το λόγο, είναι δύσκολο να βρεθούν πλανήτες που να προσομοιάζουν στη Γη καθώς οι φασματογράφοι μπορούν να ανιχνεύσουν κινήσεις της τάξεως του 1m/s, (όπως π.χ. ο φασματογράφος **HARPS - High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher**- του τηλεσκοπίου 3.6m του ESO στη La Silla της Χιλής) ενώ η Γη προκαλεί στον Ήλιο κίνηση της τάξεως 0.1 m/s !

Μέσω της Αστρομετρίας (Astrometry)

Αυτή η μέθοδος βασίζεται στον ακριβή προσδιορισμό της θέσης των αστέρων έτσι ώστε εάν υπάρχει κάποια μικρή απόκλιση στις συντεταγμένες τους (αποτέλεσμα του κλυδωνισμού που προαναφέρθηκε στη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας) να μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια.

Εικόνα 3- Το μελλοντικό ευρωπαϊκό πρόγραμμα GAIA (© ΕΣΑ)

Για να επιτευχθεί όμως αυτή η ιδιαίτερη ακρίβεια θα πρέπει να υπάρξουν σχετικά διαστημικά προγράμματα διότι οι επίγειες παρατηρήσεις υστερούν ιδιαίτερα λόγω της ατμοσφαιρικής διάχυσης. Ήδη έχει δρομολογηθεί ένα σχετικό ευρωπαϊκό πρόγραμμα (της ΕΣΑ), το **GAIA** , που έχει προγραμματιστεί να ξεκινήσει την αποστολή του την επόμενη δεκαετία (**2011**). Αναμένεται ότι με αυτήν την αποστολή θα ανακαλυφθούν 10000 με 50000 γιγάντιοι αέριοι εξωηλιακοί πλανήτες!



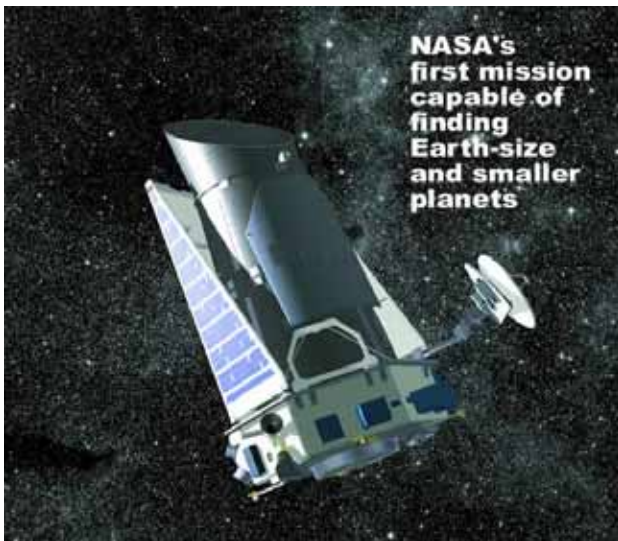
Μέσω των διελεύσεων (Transits)

Κατ'αρχάς θα ορίσουμε τη διέλευση ως το φαινόμενο κατά το οποίο η Γη ευθυγραμμίζεται με έναν αστέρα και τον πλανήτη του, εάν υπάρχει. Σύμφωνα λοιπόν με αυτή τη μέθοδο ένας εξωηλιακός πλανήτης ανακαλύπτεται από τη μείωση που προκαλεί στη φωτεινότητα του μητρικού του αστέρα κατά τη διάρκεια της διελεύσεώς του μπροστά από αυτόν. Στην περίπτωση ενός « Hot Jupiter » το ποσοστό ελάττωσης της λαμπρότητας του αστέρα είναι περίπου 1% και όντως έχει βρεθεί ένας τέτοιος εξωηλιακός πλανήτης με επίγειο τηλεσκόπιο (και επιβεβαιώθηκε η ύπαρξή του και με τη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας). Αυτός είναι ο εξωηλιακός πλανήτης **HD 209458b** και ανακαλύφθηκε από την ομάδα **TEP** στις 26 - 27 Ιουλίου 2000 (Transits of Extrasolar Planets) με τη μέθοδο των διελεύσεων καθώς και από την **ομάδα της Γενεύης** με τη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας.

βίντεο 1- (© TEP)

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι υπάρχουν και δύο σχετικές μελλοντικές διαστημικές αποστολές εύρεσης εξωηλιακών πλανητών με αυτή τη μέθοδο:

1. **KEPLER**, της NASA, (με πιθανή εκτόξευση τον Ιούνιο του 2008) και
2. **COROT**, της Γαλλικής Διαστημικής Εταιρείας σε συνεργασία με την ΕΣΑ, (με πιθανή εκτόξευση το 2006)



Εικόνα 4- Το μελλοντικό διαστημικό πρόγραμμα KEPLER (©NASA)



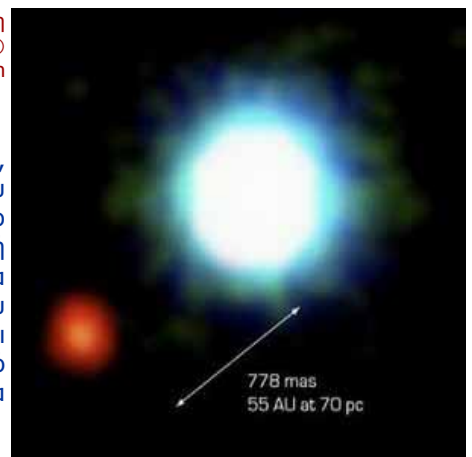
Εικόνα 5- Το μελλοντικό διαστημικό πρόγραμμα COROT (© ΕΣΑ)

Μέσω της άμεσης ανίχνευσης και φωτογράφισης (*Direct Detection and Imaging*)

Ο στόχος αυτής της μεθόδου είναι η ανακάλυψη εξωηλιακών πλανητών μέσω εικόνων. Αυτό είναι εφικτό μόνο

Εικόνα 6- Εικόνα στο υπέρυθρο του αστέρα 2M1207 (μπλε χρώμα) και του πλανήτη 2M1207b (κόκκινο χρώμα). Τα δύο αντικείμενα απέχουν λιγότερο από 1 arc second (© επίγεια παρατήρηση κατά το διάστημα Φεβρουαρίου - Μαρτίου 2004, ESO's 8.2m Very Large Telescope.) [5]

στην περιοχή mid-infrared (υπέρυθρο) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, καθώς σε αυτή την περιοχή μόνο, η φωτογραφική αντίθεση μεταξύ του μητρικού αστέρα και του πλανήτη είναι μεγάλη (1000 φορές διαφορά). Αυτό συμβαίνει διότι όταν ο πλανήτης επανεκπέμπει στο υπέρυθρο, η εκπομπή του αστέρα σε αυτή την περιοχή έχει ήδη ελαττωθεί κατά πολύ. Αντίθετα στην οπτική περιοχή ο αστέρας υπερκαλύπτει την επανεκπομπή του πλανήτη. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι και η Γη επανεκπέμπει στο υπέρυθρο οπότε είναι πιθανό καλύπτει το υπέρυθρο σήμα από εξωηλιακούς πλανήτες. Γι'αυτό το λόγο, η μέθοδος αυτή αναμένεται να δώσει καλύτερα αποτελέσματα με παρατηρήσεις από το διάστημα.

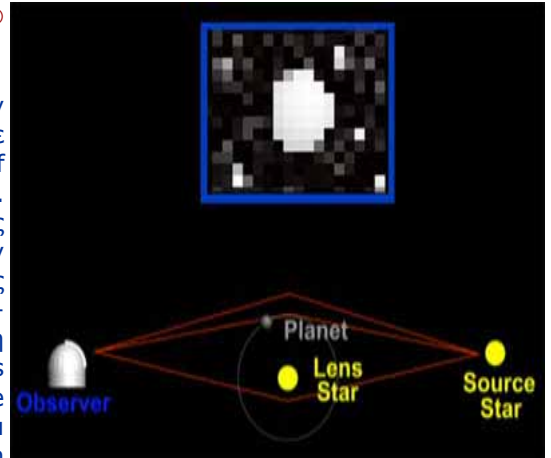


Microlensing search

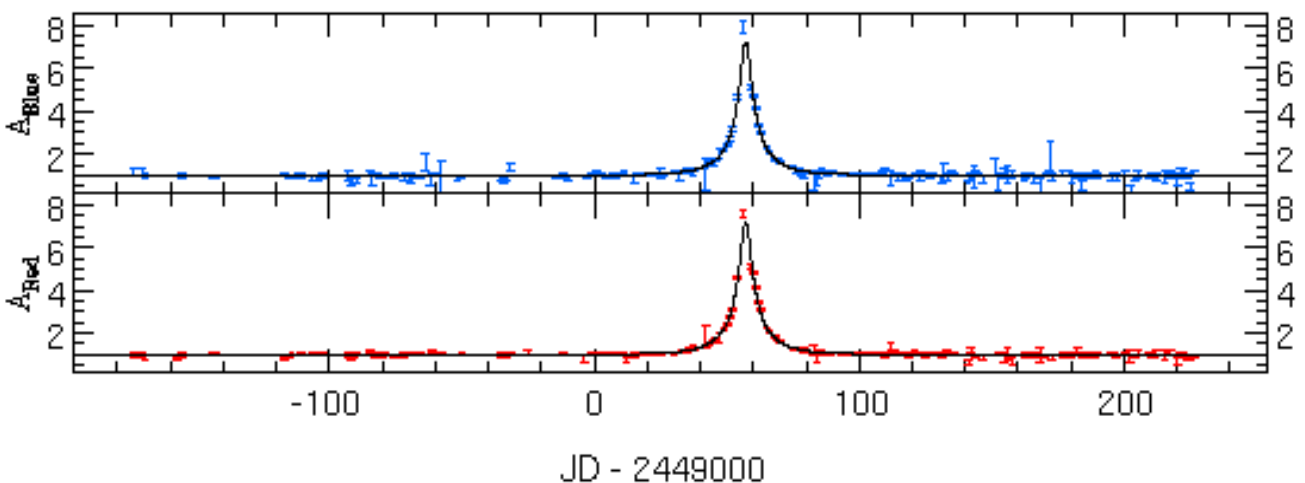
Θεωρητικά για πρώτη φορά έγινε αναφορά στο φαινόμενο των μικροβαρυτικών φακών από τον **Αϊνστάιν** το 1936 [6] (αν και το είχε ήδη ανακαλύψει από το 1912 [9]). Σύμφωνα λοιπόν με τον Αϊνστάιν όταν ένα άστρο (βαρυτικός

φακός) βρεθεί ακριβώς ανάμεσα στη Γη και σε ένα άλλο, ακόμα πιο μακρινό άστρο, τότε το βαρυτικό του πεδίο κάμπει το φως που εκπέμπει το άστρο υποβάθρου, δημιουργώντας διάφορα ξεχωριστά είδωλά του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άστρο υποβάθρου να φαίνεται κατά τη διάρκεια αυτού του φαινομένου λαμπρότερο από ό,τι συνήθως. Επιπλέον, εάν το ενδιάμεσο άστρο διαθέτει πλανήτες, οι πλανήτες αυτοί προκαλούν έξτρα μικρές διακυμάνσεις στο φως του μακρινού αστέρα που φτάνει έως τη Γη, αποκαλύπτοντας έτσι την παρουσία τους.

Εικόνα 7- Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου μικροβαρυτικών φακών (© ΝΑΣΑ).

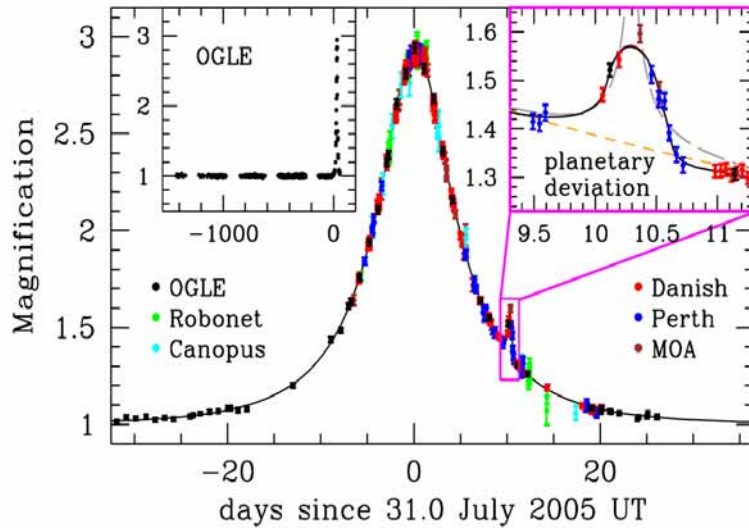


Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της ύπαρξης ακριβέστερων οργάνων και τηλεσκοπίων αυτή η θεωρητική αναφορά επιβεβαιώθηκε και παρατηρησιακά παρότι ο Αϊνστάιν είχε αναφέρει το 1936 ότι: «Of course, there is no hope of observing this phenomenon directly». Έτσι δημιουργήθηκαν αρκετά προγράμματα παρακολούθησης χιλιάδων αστέρων με σκοπό την εύρεση μικροβαρυτικών φαινομένων. Αυτά τα προγράμματα στηρίζονται σε συνεργασίες μεταξύ διαφόρων χωρών και επιστημόνων όπως είναι το πολωνικό - αμερικάνικο OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment), η γαλλική ομάδα EROS (Experience pour la Recherche d'Objets sombres) και το αμερικάνικο - αυστραλιανό MACHO (MASSive Compact Halo Objects collaboration). Θετικά αποτελέσματα παρατήρησης μικροβαρυτικού φαινομένου (χωρίς την ύπαρξη εξωηλιακού πλανήτη), δόθηκαν το 1993 από τα προγράμματα MACHO και EROS καθώς παρατηρούσαν προς το LMC (Large Magellanic Cloud) (βλ. εικόνα 8) αν και υπήρχαν ήδη σχετικές παρατηρησιακές αναφορές από παλιότερα όπως π.χ. το 1979 από τους Chang et al [4].



Εικόνα 8- Το πρώτο μικροβαρυτικό γεγονός που αναφέρθηκε από την ομάδα MACHO (παρατηρήσεις προς την περιοχή LMC). Η φαινόμενη λαμπρότητα του αστέρα παρέμενε σταθερή για >χρόνο μέχρι τη στιγμή όπου αυξήθηκε κατά έναν παράγοντα 7 και μετά από κάποιο διάστημα επανήλθε στην προηγούμενη τιμή της.[1]

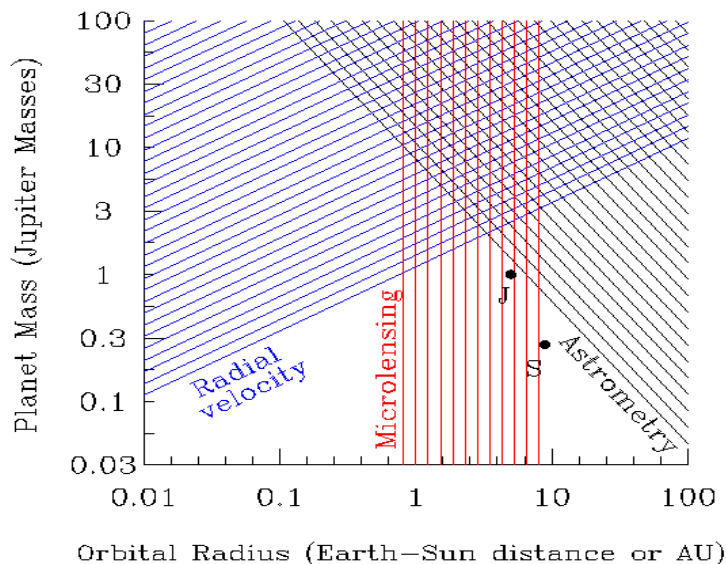
Επιπλέον άλλα επιστημονικά προγράμματα που ασχολούνται με αυτό το θέμα είναι και η συνεργασία PLANET (Probing Lensing Anomalies NETwork), το MOA (Microlensing Observations in Astrophysics, Ιαπωνία - Νέα Ζηλανδία). Παράλληλα, συνεργάζονται και μεταξύ τους καθώς επικοινωνούν σε περιπτώσεις που παρατηρούν κάποιο μικροβαρυτικό γεγονός που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Έτσι το πρώτο αποτέλεσμα που προέκυψε με αυτή τη μέθοδο ήταν ο εξωηλιακός πλανήτης OGLE 2003-BLG-235 (ή αλλιώς MOA 2003-BLG-53) που βρέθηκε να έχει μάζα 1.5 φορές τη μάζα του Δία και να απέχει 3 AU από τον μητρικό του αστέρα. Συνολικά μέχρι σήμερα έχουν ανακαλυφθεί 3 εξωηλιακοί πλανήτες με αυτή τη μέθοδο. Αυτός όμως που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ο τελευταίος που βρέθηκε στις 25 Ιανουαρίου 2006 και ονομάζεται OGLE-2005-BLG-390Lb καθώς έχει χαρακτηριστικά που προσομοιάζουν αρκετά με αυτά της Γης (βλ. κατηγορία άρθρων: Αστρονομικά Νέα, Διεθνή. Τίτλος: [Ανακάλυψη Νέου Εξωηλιακού Πλανήτη](#)).



Εικόνα 9- Η παρατηρούμενη καμπύλη φωτός του μικρο-βαρυτικού φαινομένου OGLE 2005-BLG-390 και η αντίστοιχη θεωρητική (συνεχής καμπύλη) συναρτήσε του χρόνου. Πάνω αριστερά φαίνεται η καμπύλη φωτός του αστέρα υποβάθρου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 4 ετών ενώ πάνω δεξιά υπάρχει σε μεγέθυνση η απόκλιση της καμπύλης φωτός που αποτέλεσε ένδειξη ύπαρξης πλανήτη! [2]

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέχρι σήμερα έχουν ανακαλυφθεί 194 εξωηλιακοί πλανήτες και μόνο ο τελευταίος που ανακαλύφθηκε πρόσφατα, OGLE 2005-BLG-390Lb, μπορούμε να πούμε ότι προσομοιάζει πιο πολύ στη Γη (βλ. κατηγορία άρθρων: Αστρονομικά Νέα, Διεθνή. Τίτλος: Ανακάλυψη Νέου Εξωηλιακού Πλανήτη). Όλοι αναμένουν την ανακάλυψη και άλλων εξωηλιακών πλανητών που να προσομοιάζουν ακόμα περισσότερο στη Γη. Μέχρι στιγμής, απ'ότι φαίνεται η μέθοδος που μπορεί να δώσει τέτοια αποτελέσματα είναι η μέθοδος των μικροβαρυτικών φακών καθώς βέβαια και οι διαστημικές αποστολές που ήδη προαναφέραμε. Στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 10) φαίνεται το εύρος των παραμέτρων (μάζας και απόστασης από τον μητρικό τους αστέρα) των πλανητών που μπορούν να ανακαλυφθούν χρησιμοποιώντας τις μεθόδους της ακτινικής ταχύτητας, της αστρομετρίας και των μικροβαρυτικών φακών. Όπως φαίνεται η μέθοδος των μικροβαρυτικών φακών «συμπληρώνει» τις παλαιότερες μεθόδους καθώς καλύπτει μία επιπλέον περιοχή υποψήφιων εξωηλιακών πλανητών. Έτσι βλέπουμε ότι με τη μέθοδο των μικροβαρυτικών φακών ανιχνεύονται άνετα πλανήτες που έχουν τα χαρακτηριστικά του Δία (J) καθώς και πλανήτες που έχουν ακτίνα περιστροφής παρόμοια με αυτή που έχει ο Κρόνος (S).



Εικόνα 10- Το εύρος των παραμέτρων (μάζας και απόστασης από τον μητρικό τους αστέρα) των πλανητών που μπορούν να

ανακαλυφθούν χρησιμοποιώντας τις μεθόδους της ακτινικής ταχύτητας, της αστρομετρίας και των μικροβαρυτικών φακών [10]. Νεώτερα αποτελέσματα (Ιανουάριος 2006) μεγαλώνουν το εύρος στη μάζα (για τη μέθοδο των μικροβαρυτικών φακών) καθώς ανακαλύφθηκε εξωηλιακός πλανήτης με μάζα $\sim 0.02 M_{\text{Δία}}$

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Alcock, C., et al. 1993, Nat, 365, 621
- [2] Beaulieu et al., Nature 2006
- [3] Campbell, B., Walker, G. A. H., & Yang, S. "A search for substellar companions to solar-type stars", Astrophysical Journal, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 331, Aug. 15, 1988, p. 902-921
- [4] Chang, K. και Refsdal, S. (Nature 282, 561, "Flux Variations of QSO Q0957+561 A,B and image splitting by stars Near the Light Path"), 1979
- [5] Chauvin, G., et al, "A giant planet candidate near a young brown dwarf. Direct VLT/NACO observations using IR wavefront sensing", Astronomy and Astrophysics, v.425, p.L29-L32 (2004)
- [6] Einstein, A., Science, Vol. 84, p. 506, 1936
- [7] Mayor, M., Queloz, D. "A Jupiter-mass companion to a solar-type star", Nature 378, 355 - 359 (23 November 1995)
- [8] Marcy et al. "The Planet around 51 Pegasi", ApJ V 481, p926, 1997
- [9] Renn J, Sauer T and Stachel J, 1997 Science 275 184
- [10] Sackett, D. P., NVWS Symposium, 1997,
(<http://www.mso.anu.edu.au/~psackett/NVWS/MicroFuture.html>)
- [11] van de Kamp, P. "Parallax, proper motion acceleration, and orbital motion of Barnard's Star.", Astronomical Journal 74(2):238-240 March 1969
- [12] van de Kamp, P. "The planetary system of Barnard's Star." Vistas in Astronomy 26:141 -157, 1982.
- [13] Wolszczan, A. and Frail, D.A. 1992, Nature 355, 145, "A Planetary System Around the Millisecond Pulsar PSR1257+12",

Επίσης, μία χρήσιμη ιστοσελίδα όπου αναγράφονται οι επίγειες και οι διαστημικές ερευνητικές ομάδες εξωηλιακών πλανητών είναι: <http://vo.obspm.fr/exoplanetes/encyclo/searches.php>