

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου



Εξωηλιακοί πλανήτες



Jean Schneider
Grażyna Stasińska

Paris Observatory

Γιατί ψάχνουμε για εξωπλανήτες;

Υπάρχουν περίπου 100.000.000.000 αστέρια στο Γαλαξία. Πόσοι εξωπλανήτες - πλανήτες εκτός του Ηλιακού Συστήματος - αναμένουμε να υπάρχουν; Γιατί μερικά αστέρια συνοδεύονται από πλανήτες; Πόσο διαφορετικά μεταξύ τους είναι τα πλανητικά συστήματα; Μήπως αυτή η πολυμορφία μάς λέει κάτι για τη διαδικασία του σχηματισμού των πλανητών; Αυτά είναι μερικά από τα πολλά ερωτήματα που υποκινούν τη μελέτη των εξωπλανητών.

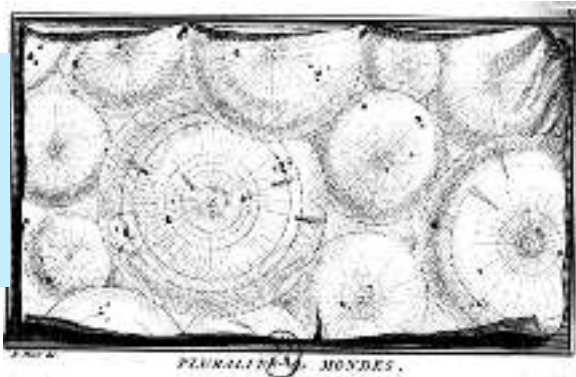
Σε ορισμένους εξωπλανήτες ίσως να υπάρχουν οι κατάλληλες φυσικές συνθήκες (ισχύς και φασματική κατανομή της ακτινοβολίας του αστεριού τους, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική σύσταση) που να επιτρέπουν την ύπαρξη σύνθετης οργανικής χημείας και πιθανώς την ανάπτυξη της Ζωής (η οποία, όμως, μπορεί να είναι αρκετά διαφορετική από τη Ζωή στη Γη).

Η ιδέα ότι «άλλοι κόσμοι» μπορούν να υπάρχουν πέρα από το Ηλιακό μας Σύστημα προτάθηκε από τον Έλληνα φιλόσοφο Επίκουρο, πριν από 2300 χρόνια.

Το 1584 ο φιλόσοφος *Giordano Bruno* υποστήριξε ότι τα αστέρια είναι ήλιοι, ακριβώς όπως ο δικός μας.

Τον XVII και XVIII αιώνα, πολλοί επιστήμονες και φιλόσοφοι, όπως ο *Charles Huygens* και ο *Immanuel Kant*, ανέπτυξαν περαιτέρω την έννοια των άλλων κόσμων.

Ένα σχέδιο που απεικονίζει «την πολλαπλότητα των κόσμων» όπως τη φαντάστηκε ο Γάλλος συγγραφέας *Fontenelle*



Εγχρωμη εκδοχή μιας χαρακτηριστικής από ένα βιβλίο που κυκλοφόρησε το 1888 από τον *Camille Flammarion*. Εμφανίζει έναν προσκυνητή που ανακαλύπτει έναν άλλο κόσμο.

Οι πρώτες προσπάθειες αστρονόμων να ανιχνεύσουν πλανήτες γύρω από άλλα αστέρια ξεκίνησε κατά τα τέλη της δεκαετίας του '30, αλλά μέχρι το 1989 υπήρχαν μόνο ανεπιβεβαίωτες εξαγγελίες.

Έμμεσες μέθοδοι ανακάλυψης

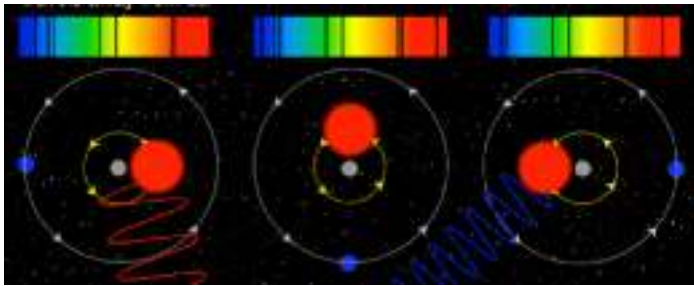
Οι πρώτες ανιχνεύσεις εξωπλανητών χρησιμοποίησαν την επίδραση του πλανήτη στο αστέρι του (βλέπε απέναντι σελίδα), επιτρέποντας την εύρεση πολλών ιδιοτήτων των πλανητών.

- Με **δυναμικές μεθόδους**, μελετώντας τις μεταβολές της **ακτινικής ταχύτητας** του αστέρα, βρίσκουμε το μέγεθος και την εκκεντρότητα της τροχιάς, την περίοδο περιφοράς και ένα χαμηλό όριο για τη μάζα του πλανήτη. Η πραγματική τιμή της μάζας και του προσανατολισμού της τροχιάς βρίσκονται από τη μεταβολή της θέσης του αστέρα ως προς τα κοντινά αστέρια (**αστρομετρία**).

- Με τη μέθοδο των **διαβάσεων** βρίσκουμε τη διάμετρο του πλανήτη (από το βάθος της καμπύλης φωτός κατά τη διάρκεια της έκλειψης) και την περίοδο περιφοράς από το χρονικό διάστημα μεταξύ των εκλείψεων.

- Με τη μέθοδο των **μικρών βαρυτικών φακών** βρίσκουμε τη μάζα του πλανήτη και την απόσταση του από το αστέρι.

Δυναμικές μέθοδοι:

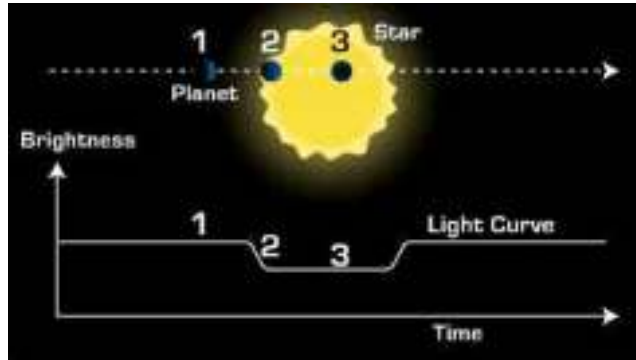


Ο πλανήτης και το αστέρι περιφέρονται γύρω από το κοινό κέντρο μάζας τους. Η

κίνηση του αστεριού γύρω από το κέντρο της μάζας ανιχνεύεται από τη μετατόπιση των φασματικών γραμμών του (βλέπε TUIMPs 2 και 10).

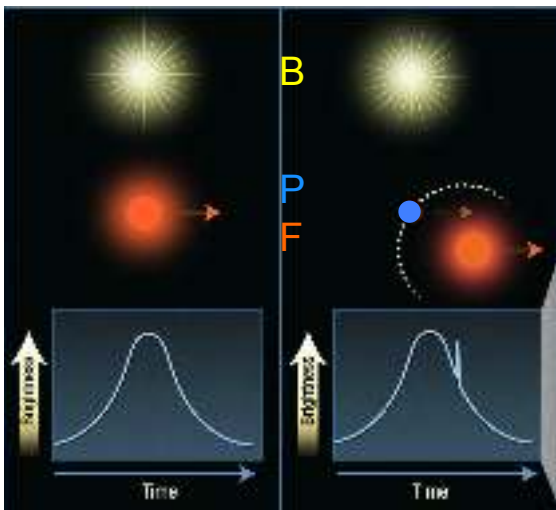
Διαβάσεις:

Εάν ένας πλανήτης περάσει μπροστά από το αστέρι δημιουργεί μια μικρή έκλειψη.



Μικροί βαρυτικοί φακοί:

Όταν ένα αστέρι **F** περάσει μπροστά από ένα άλλο αστέρι **B**, συμπεριφέρεται ως ένας «βαρυτικός φακός» που μεγεθύνει το φως του **B**. Εάν ένας πλανήτης **P** περιφέρεται γύρω από το αστέρι **F**, και αυτός θα μεγεθύνει το αστέρι **B**, αλλά για μικρότερο χρονικό διάστημα.



Άμεσες μέθοδοι ανίχνευσης

Η άμεση φωτογράφιση εξωπλανητών είναι δύσκολη, επειδή οι πλανήτες είναι μικροί και αμυδροί και βρίσκονται πολύ κοντά στο αστέρι τους, το οποίο είναι τουλάχιστον 10 εκατομμύρια φορές φωτεινότερο. Έτσι, πρέπει να καλύψουμε προσεκτικά το αστέρι με μια τεχνική που ονομάζεται **κορωνογραφία**.

Η άμεση φωτογράφιση, όταν είναι εφικτή, είναι πολύ αποτελεσματική, καθώς με πολλές εικόνες μπορούμε να προσδιορίσουμε την πλήρη τροχιά.

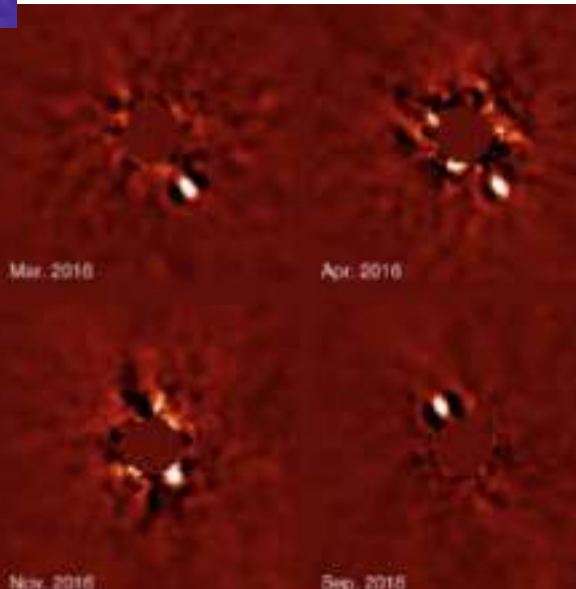
Η φασματοσκοπία του πλανήτη αποκαλύπτει τη μοριακή σύνθεση της ατμόσφαιρας, καθώς και τις κλιματικές και τις καιρικές συνθήκες του. Παρακολουθώντας φωτομετρικά τον πλανήτη βρίσκουμε την περίοδο περιστροφής του, δηλαδή τη διάρκεια της ημέρας του.

Η διάμετρος και η μάζα του πλανήτη, ωστόσο, μπορούν να εξαχθούν μόνο με έμμεσες μεθόδους.

Δύο πλανήτες που περιφέρονται γύρω από το αστέρι **HR8799**. Ανακαλύφθηκαν το 2008 με κορωνογράφο υπεριώδους φωτός με το τηλεσκόπιο **Gemini North** στη Χαβάη

Διαδοχικές φωτογραφίες από το **Very Large Telescope** του ESO στη Χιλή. Απεικονίζουν την κίνηση του πλανήτη **Beta Pictoris b** γύρω από το αστέρι του.

Δικαιώματα: Lagrange et



Η πρώτη φωτογράφιση εξωπλανήτη. Πάρθηκε με το τηλεσκόπιο ESO VLT το 2004. Περιφέρεται γύρω από τον «φαιό νάνο» αστέρα **2M1207**, έναν αμυδρό, μικρής μάζας αστέρα, σε λευκό χρώμα.

6 Δικαιώματα: Chauvin et al.



Το δορυφορικό τηλεσκόπιο **CoRoT** ανακάλυψε 36 εξωπλανήτες. 600 υποψήφιοι εξακολουθούν να μελετώνται.

Ένα σύντομο ιστορικό των ανακαλύψεων

Οι πρώτες ανιχνεύσεις εξωπλανητών έγιναν από τη Γη με τη μέθοδο της **ακτινικής ταχύτητας**, χρησιμοποιώντας φασματογραφία υψηλής ακρίβειας. Ο πρώτος πλανήτης, HD 114762 b, ανακαλύφθηκε το 1989. Το 1992, ανιχνεύθηκαν 3 πλανήτες γύρω από έναν πάλσαρ. Έκτοτε ο αριθμός των ανιχνεύσεων εκτοξεύθηκε στα ύψη. Με τη μέθοδο αυτή, μέχρι το 2019 έχουν βρεθεί πάνω από 800 πλανήτες και 600 συστήματα πολλαπλών πλανητών.

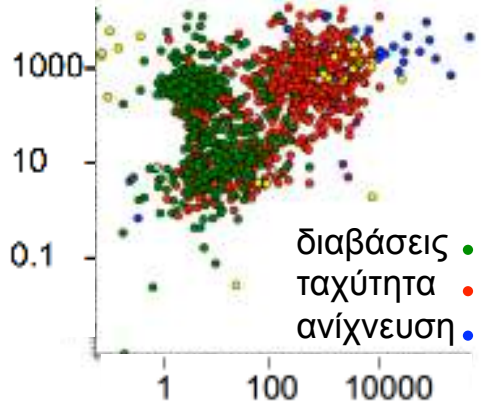
Η αποστολή **Κέπλερ** παρατήρησε 530.000 αστέρια, βρίσκοντας μέχρι στιγμής 2500 εξωπλανήτες. Περίπου 2500 υποψήφιοι αναμένουν ανάλυση.



Ο ευρωπαϊκός δορυφόρος **Gaia**, που εκτοξεύτηκε το 2013, θα λειτουργήσει μέχρι το 2022. Θα μελετήσει τη θέση και την κίνηση τουλάχιστον ενός δισεκατομμυρίου αστεριών με απaráμιλλη ακρίβεια.

Το 2006 εκτοξεύθηκε το διαστημικό τηλεσκόπιο **CoRoT** (Γαλλία-ESA), και το 2009 το διαστημικό τηλεσκόπιο **NASA Kepler**. Και τα δύο χρησιμοποίησαν τη μέθοδο **διαβάσεων**. Το **CoRoT** ανίχνευσε τον πρώτο βραχύδη πλανήτη. Το **Kepler** ανακάλυψε χιλιάδες πλανήτες. 90 πλανήτες βρέθηκαν με τη μέθοδο των **βαρυτικών φακών** και 100 πλανήτες βρέθηκαν με **άμεση φωτογράφιση** από τη Γη. Η **Gaia** θα προσφέρει **αστρομετρία** και **ίδιες κινήσεις** για πάνω από 1 δισεκατομμύριο αστέρια. Αναμένεται να ανιχνεύσει χιλιάδες νέους πλανήτες.

Οι μάζα (σε γήινες μάζες) ως συνάρτηση της διάρκειας του έτους (σε γήινα έτη) όλων των γνωστών μέχρι το Φεβρουάριο του 2019 εξωπλανητών (στοιχεία από το **exoplanet.eu**).



Η ποικιλομορφία των πλανητών

Έως το 2019, έχουν επαβεβαιωθεί περισσότεροι από 4000 πλανήτες, ενώ περισσότεροι από 3000 αναμένουν επαβεβαίωση.

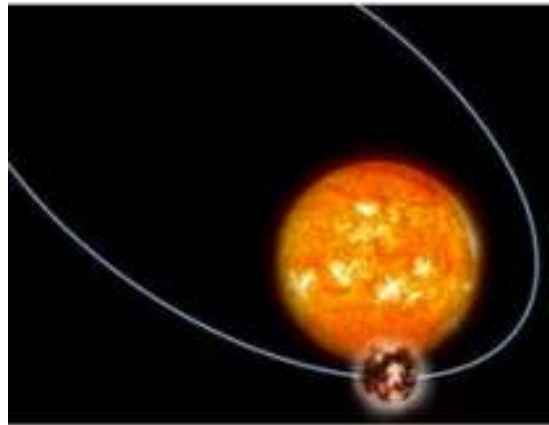
Πολλοί παράξενοι πλανήτες έχουν ανακαλυφθεί, παρόμοιοι των οποίων δεν υπάρχουν στο Ηλιακό Σύστημα:

- Πλανήτες με θερμοκρασία άνω των 1000°C που περιφέρονται γύρω από το αστέρι τους σε λίγες μόνο ημέρες (σε σύγκριση με ένα χρόνο για τη Γη)
- Πλανήτες που εξατμίζονται
- Πλανήτες διπλάσιοι από τη Γη, που τους ονομάζουμε *Super-Earths*, με ακραίες εποχές (-100°C το χειμώνα, $+100^{\circ}\text{C}$ το καλοκαίρι).
- Πλανήτες που περιφέρονται γύρω από δύο «ήλιους»
- Συστήματα πλανητών σε ερμητικά στενές τροχιές γύρω από τον «ήλιο» τους.

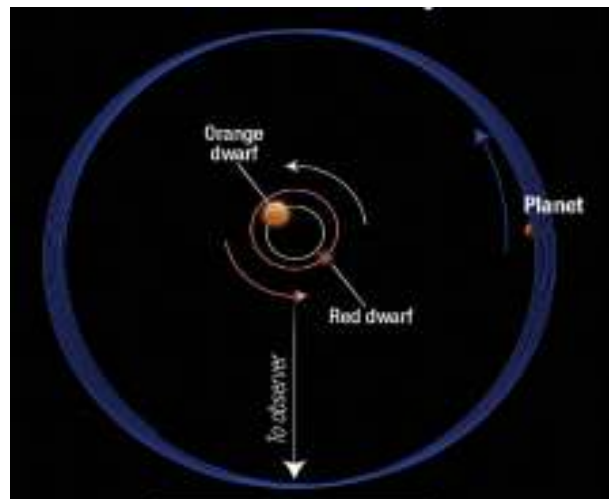
Φανταστική άποψη (όχι υπό κλίμακα) του πολύ θερμού εξωπλανήτη *Super-Earth CoRoT-7 b*



Καλλιτεχνική απεικόνιση (από τον G. Thimm) του πλανήτη *Kepler-432 b*, με την υπερβολικά εκκεντρική τροχιά του που προκαλεί ακραίες εποχές.



Ο πλανήτης *Kepler-413 b*, που περιφέρεται γύρω από δύο αστέρια: ένα πορτοκαλί και ένα κόκκινο.



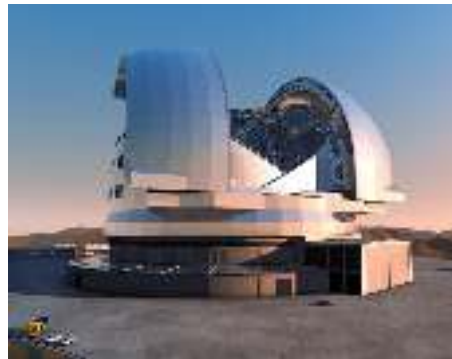
Το μέλλον

Κατά τα επόμενα 10 χρόνια, τηλεσκόπια διαμέτρου 30 έως 40 μέτρων θα εγκατασταθούν στη Γη για την ανίχνευση εξωπλανητών με μεθόδους φωτογράφισης και μεταβολών ταχύτητας των αστεριών. Διαστημικά τηλεσκόπια, όπως τα *Cheops*, *JWST*, *Plato* και *Ariel*, θα εκτοξευθούν για να ανιχνεύσουν πλανήτες με τη μέθοδο των διαβάσεων. Το *JWST* θα έχει επίσης τη δυνατότητα άμεσης φωτογράφισης.

Τα μεγάλα διαστημικά τηλεσκόπια διαμέτρου 8 έως 18 μέτρων (*LUVOR*, *Habex*) σχεδιάζονται στη *NASA* για να ανιχνεύσουν ενδείξεις ζωής σε εξωπλανήτες μέχρι το 2050.

Στο απώτερο μέλλον, τεράστια διαστημικά συμβολόμετρα θα κάνουν λεπτομερείς χάρτες των πλανητών. Και ενδεχομένως, διαστρικοί ανιχνευτές θα εκτοξευθούν προς τους πλησιέστερους εξωπλανήτες για να τραβήξουν φωτογραφίες από κοντά. Μηχανικοί εργάζονται ήδη σε τεχνικές προώθησης για την επίτευξη τέτοιων απόμακρων στόχων.

Plato, ο μελλοντικός ευρωπαϊκός κυνηγός εξωπλανητών, που θα εκτοξευθεί το 2026. Θα παρατηρήσει εκατοντάδες χιλιάδες αστέρια, αναζητώντας πλανήτες με τη μέθοδο των διαβάσεων.



Καλλιτεχνική απεικόνιση του μελλοντικού Ευρωπαϊκού Εξαιρετικά Μεγάλου Τηλεσκοπίου, το οποίο θα αρχίσει να λειτουργεί στη Χιλή το 2025. Θα συγκεντρώνει 13 φορές περισσότερο φως από τα μεγαλύτερα υπάρχοντα τηλεσκόπια και θα καταγράφει 16 φορές πιο ευκρινείς φωτογραφίες από αυτές του Διαστημικού Τηλεσκοπίου *Hubble*.

Το όραμα του *A. Labeyrie* για ένα υπερτηλεσκόπιο. Ένα μελλοντικό, πολύ μεγάλο συμβολόμετρο στο Διάστημα, για τη χαρτο-

γράφηση εξωπλανητών με διακριτική ικανότητα 100 m.



Καλλιτεχνική απεικόνιση του **51 Pegasi b**, ενός γίγαντα πλανήτη με διάρκεια «έτους» μόνο 4 ημερών.

Τεστ



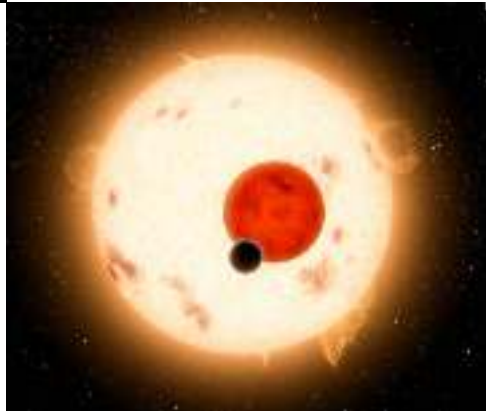
Καλλιτεχνική απεικόνιση του **HD 114762 b**, του πρώτου εξωπλανήτη που ανιχνεύθηκε το 1989.



Ποιες από αυτές τις εικόνες αφορούν έναν πλανήτη του Ηλιακού Συστήματος;

Φωτογραφία του **Δία** που τραβήχτηκε από τη διαστημική συσκευή **Juno** και επεξεργάστηκε από τον **David Marriott**.
NASA / JPL-Caltech / SwRI / MSSS / Marriott

Καλλιτεχνική απεικόνιση του **Kepler-16 b**, ενός πλανήτη που περιφέρεται γύρω από δύο αστέρια.



Λύσεις στην προηγούμενη σελίδα

Το Σύμπαν στο τσεπάκι μου Αρ. 8

Το μικρό αυτό βιβλιαράκι συντάχτηκε το 2019 από τον Jean Schneider and τη Grażyna Stasińska (Paris Observatory, France).

Nr 1

Εικόνα εξώφυλλου : Η εικόνα εκφράζει την ιδέα ότι οι βραχώδεις κόσμοι μπορεί να είναι τόσο άφθονοι όσο και ποικιλόμορφοι στο Σύμπαν (Δικαιώματα: JPL). Όλες οι εικόνες των εξωπλανητών και των δορυφόρων σε αυτό το βιβλιαράκι είναι καλλιτεχνικές απεικονίσεις. Δικαιώματα: NASA, ESA και ESO.



Για να μάθετε περισσότερα σχετικά με τις εκδόσεις και τα θέματα που παρουσιάζονται στο βιβλιαράκι επισκεφθείτε την ιστοσελίδα:

<http://www.tuimp.org>

