

# ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΞΩΗΛΙΑΚΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Κ.Ν. ΓΟΥΡΓΟΥΛΙΑΤΟΣ  
ΩΡΙΩΝ, 9/1/2008

# Η ΘΕΣΗ ΜΑΣ ΣΤΟ ΣΥΜΠΛΗΝ

Γη, ο τρίτος πλανήτης  
του Ηλιακού Συστήματος



Περιφερόμαστε γύρω από τον  
Ήλιο, ένα τυπικό αστέρι της  
κύριας ακολουθίας



Ο Ήλιος βρίσκεται μέσα σε μια μεγάλη  
συγκέντρωση αστεριών, τον Γαλαξία



Ο Γαλαξίας περιέχει  
περί τα 200 δις αστέρια

# Αναλογικός Συλλογισμός

«Αν οι απλανείς αστέρες είναι τα κέντρα άλλων παρόμοιων συστημάτων, που κατασκευάστηκαν κατά το ίδιο σοφό σχέδιο, θα υπόκεινται στην κυριαρχία του Ενός»

Isaac Newton, *General Scholium*

Η υπόθεση ότι τα άλλα αστέρια θα πρέπει να φιλοξενούν πλανήτες ήταν γενικά αποδεκτή και απόλυτα λογική.

Όμως ένας συλλογισμός δεν αρκεί, πρέπει να αποδειχθεί μέσω της παρατήρησης.

Η παρατήρηση εξωηλιακών πλανητών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της αστρονομίας τα τελευταία χρόνια και απαιτεί ειδικές τεχνικές.



# Οι μέχρι σήμερα παρατηρήσεις

- Έχουν εντοπιστεί 269 εξωηλιακοί πλανήτες (Δεκέμβριος 2007)
- Η μεγάλη πλειοψηφία είναι πλανήτες των διαστάσεων του Δία, υψηλής θερμοκρασίας που περιφέρονται κοντά στο μητρικό άστρο
- Ο πρώτος εξωηλιακός πλανήτης ανακαλύφθηκε το 1991
- Ελάχιστοι έχουν φωτογραφηθεί άμεσα, οι περισσότεροι έχουν εντοπιστεί με έμμεσες μεθόδους
- Έχουν βρεθεί «αλήτες» πλανήτες, χωρίς να είναι δέσμιοι βαρυτικά από κάποιο άστρο.

# Εντοπισμός Εξωηλιακών Πλανητών

- Είναι από τις πιο απαιτητικές παρατηρήσεις
- Οι εξω-πλανήτες είναι εξαιρετικά αμυδροί
- Το φως τους υπερκαλύπτεται από το άστρο

Για αυτό αναπτύχθηκαν τεχνικές έμμεσου εντοπισμού

- Μέσω καταγραφής της αλλαγής της ταχύτητας του άστρου με εφαρμογή του φαινομένου Ντόπλερ
- Μέσω καταγραφής της ίδιας κίνησης του αστεριού (αστρομετρία)
- Μέσω παρατήρησης διαβάσεων των πλανητών από τα άστρα και την αποτύπωση της μείωσης της φωτεινότητας των άστρων
- Μέσω του φαινομένου του βαρυτικού μικροφακού
- Μέσω χρονισμού πάλσαρ
- Μέσω παρατήρησης περιαστρικών δίσκων

# Μεταβολή της ταχύτητας

Ο πλανήτης και το αστέρι κινούνται γύρω από το κοινό κέντρο μάζας.

Αυτό σημαίνει ότι το αστέρι θα υπόκειται μια περιοδική αυξομείωση της ταχύτητάς του, με περίοδο ίση με αυτή του πλανήτη.

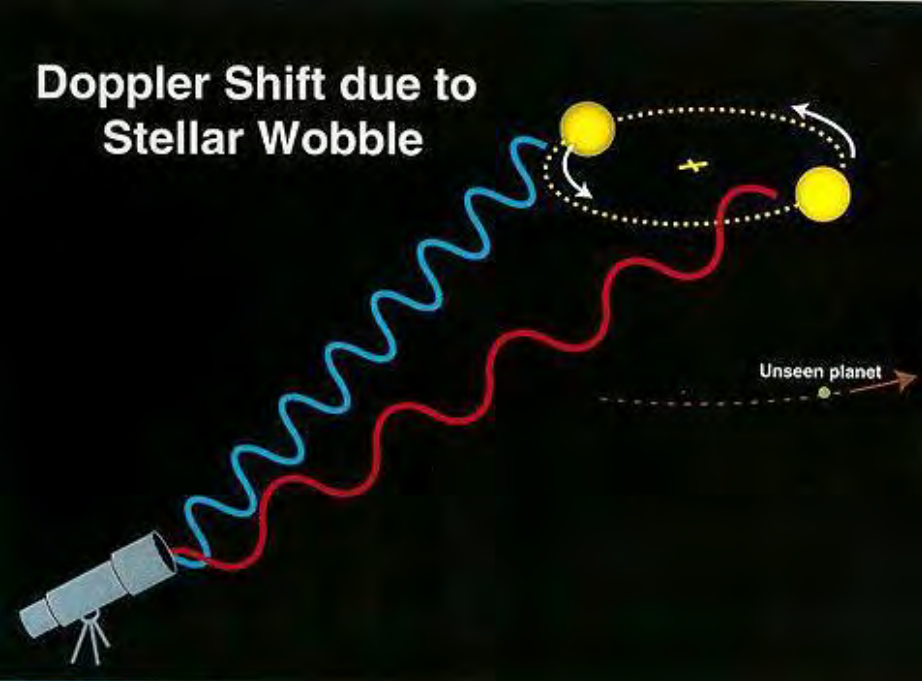
Η αυξομείωση της ταχύτητας είναι εντονότερη για πλανήτες μεγάλης μάζας που βρίσκονται κοντά στο άστρο

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ:** Η μεταβολή της ταχύτητας δεν είναι πάντα ορατή. Αν το επίπεδο της τροχιάς είναι κάθετο στη γραμμή όρασης τότε δε μπορεί να προσδιοριστεί τίποτα.

Ο προσδιορισμός της ταχύτητας γίνεται μέσω του φαινομένου Ντόπλερ.

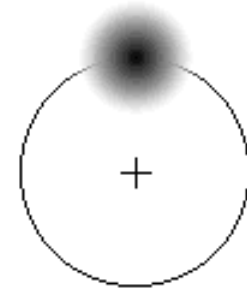


# Doppler Shift due to Stellar Wobble



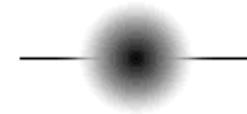
# Observation of Stellar Motions Due to Presence of Extra-Solar Planet

Orbit of Star Around System's Center of Mass (Viewed from above)



Earth  
↓ ↓ ↓

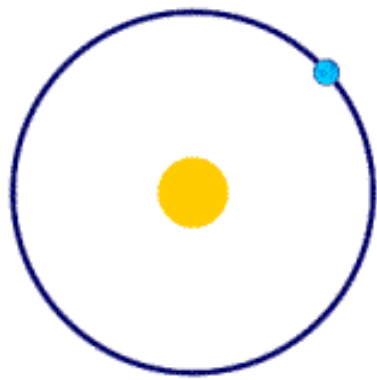
Astrometric Displacement (Detects movement across line of sight)



Doppler Shift (Detects movement along line of sight)



Face-on



Minimum Doppler Signature

Edge-on



Maximum Doppler Signature

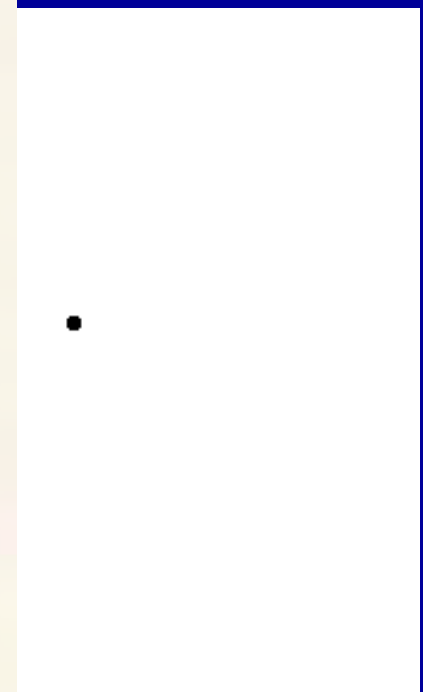
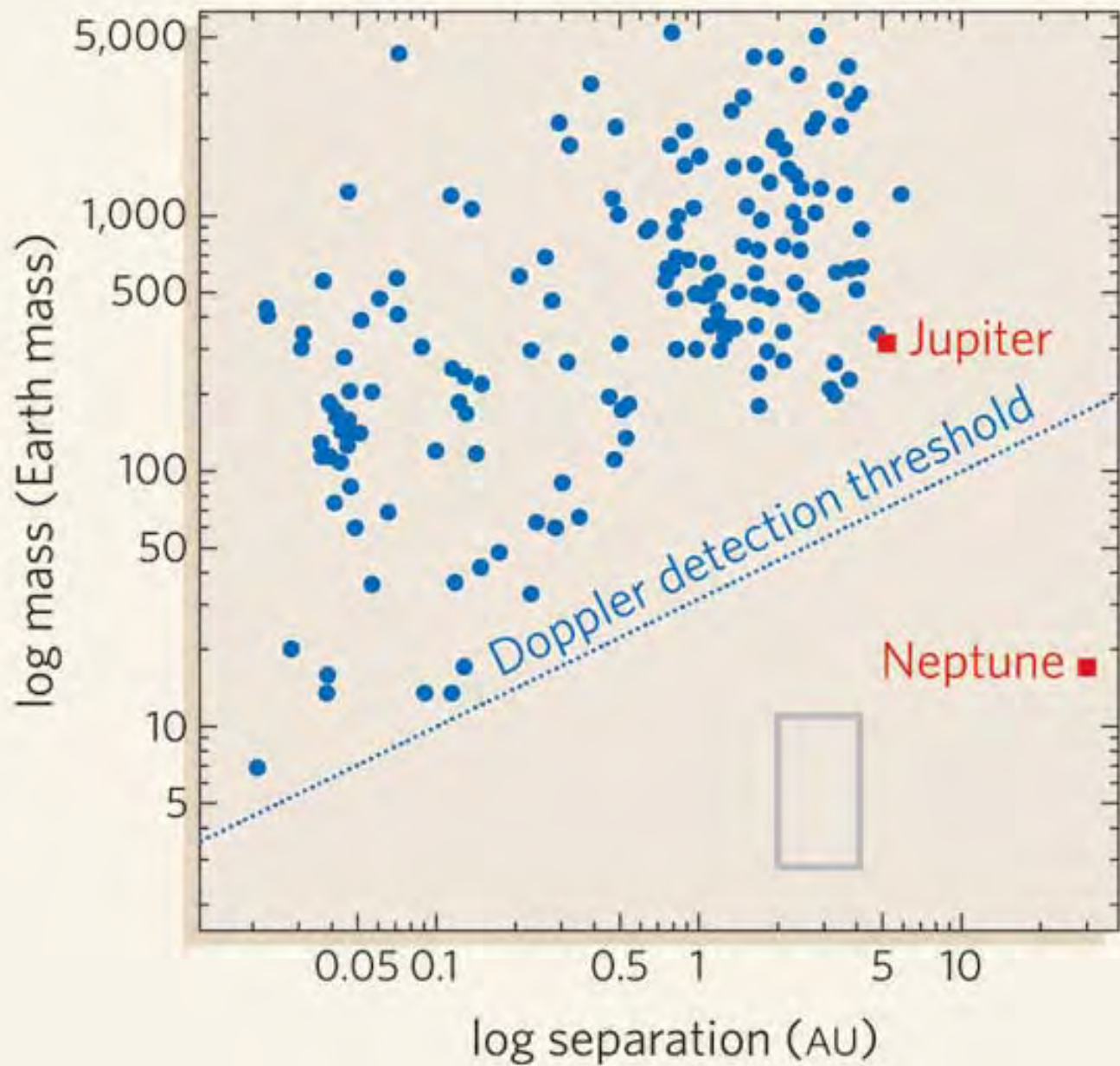


# Φαινόμενο Ντόπλερ

- Κάθε πηγή εκπέμπει κάποιο κύμα σε ένα χαρακτηριστικό μήκος κύματος
- Αν η πηγή κινείται ως προς τον δέκτη τότε το παρατηρούμενο μήκος κύματος μεταβάλλεται, ανάλογα με την ταχύτητα της πηγής
- Η μεταβολή αυτή ονομάζεται φαινόμενο Ντόπλερ και επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό των ταχυτήτων.
- Η παρατηρήσεις αυτές είναι εξαιρετικά απαιτητικές:
- Η Γη προσδίδει στον Ήλιο μια ταχύτητα των 300 μέτρων την ώρα
- Ο Δίας προσδίδει στον Ήλιο μια ταχύτητα 50 χιλιομέτρων την ώρα
- Μέσω αυτής της μεθόδου έχουν επιβεβαιωθεί 255 πλανήτες

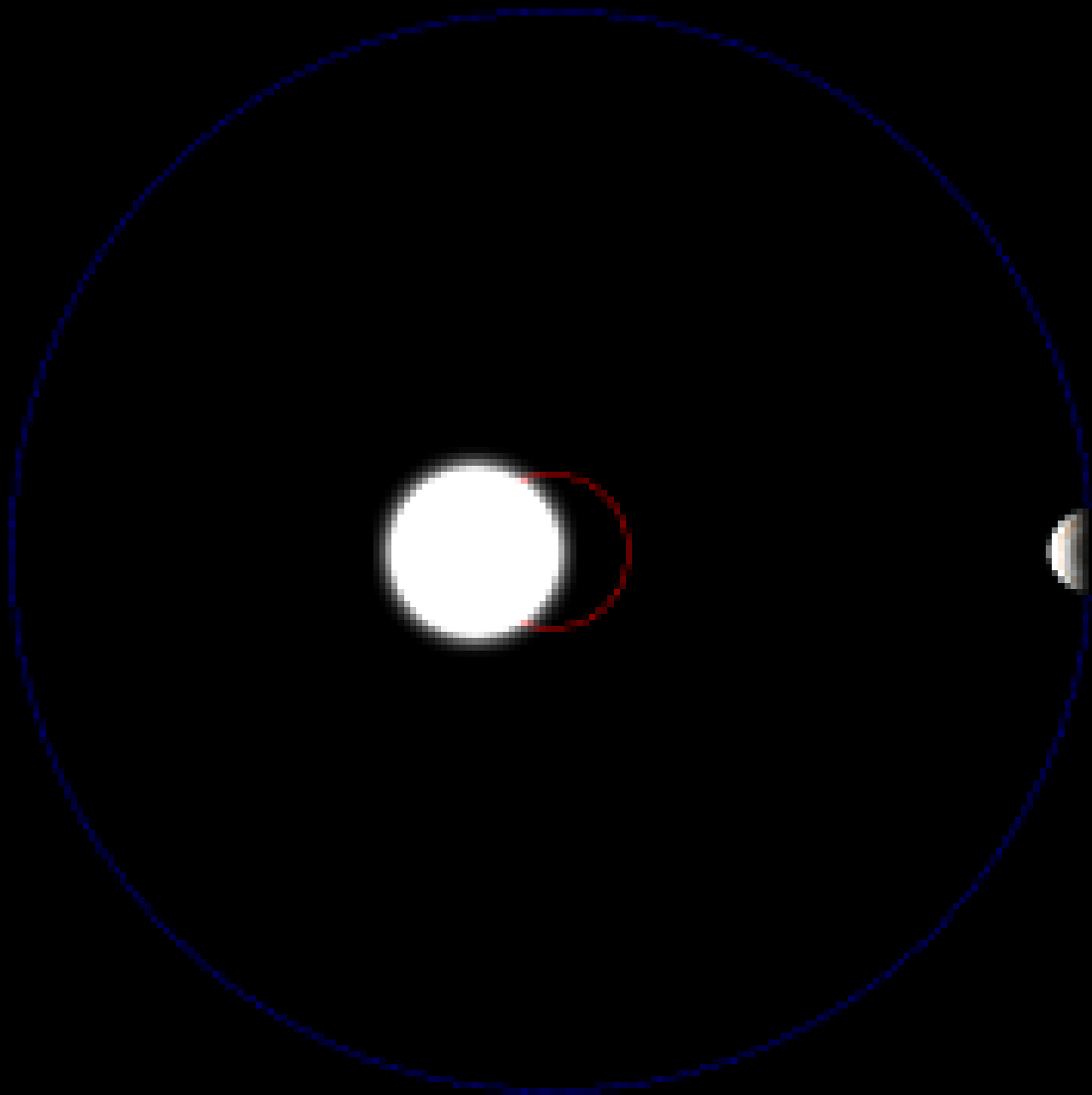
# Φαινόμενο Ντόπλερ

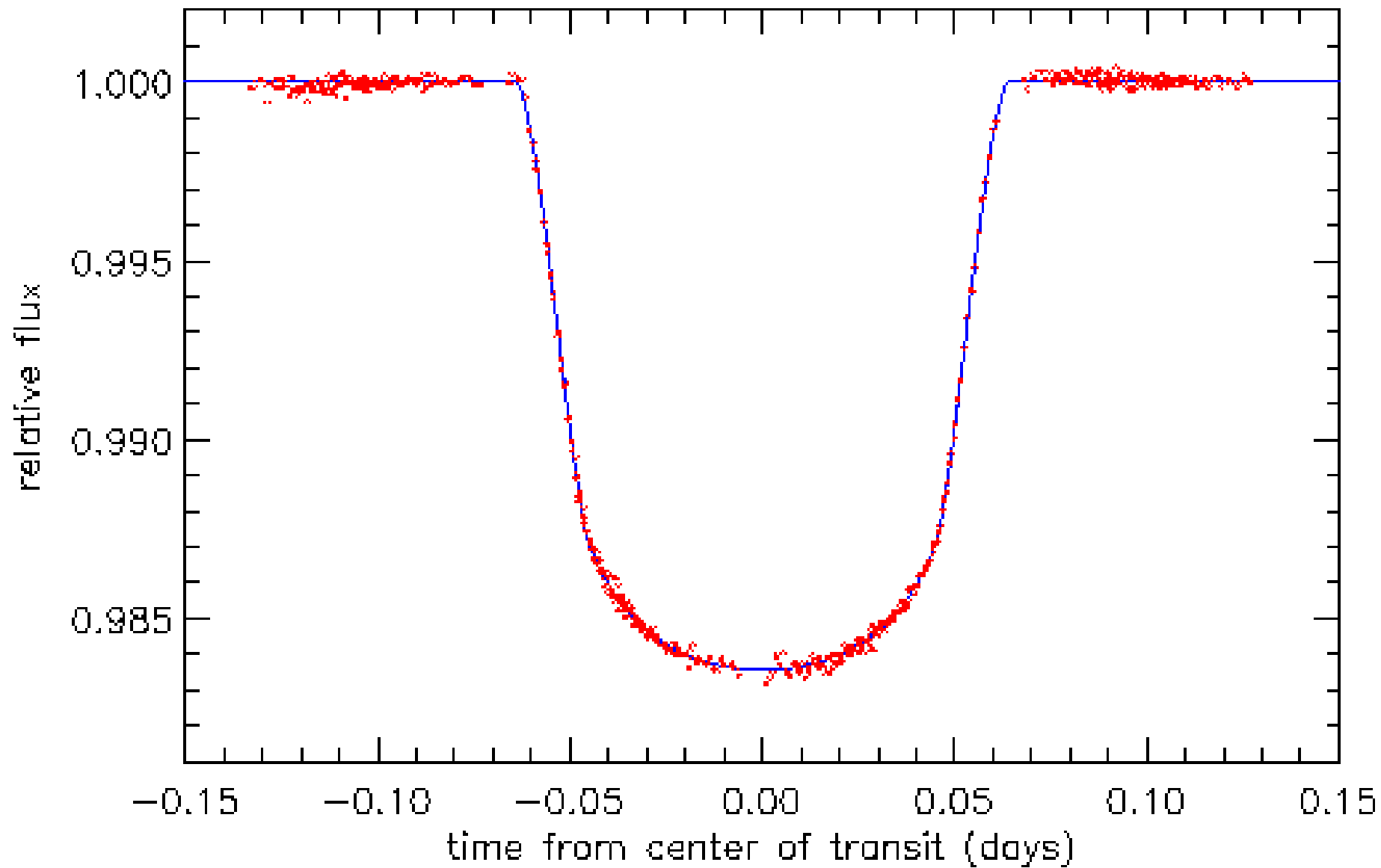
- Κάθε πηγή εκπέμπει κάποιο κύμα σε ένα χαρακτηριστικό μήκος κύματος
- Αν η πηγή κινείται ως προς τον δέκτη τότε το παρατηρούμενο μήκος κύματος μεταβάλλεται, ανάλογα με την ταχύτητα της πηγής
- Η μεταβολή αυτή ονομάζεται φαινόμενο Ντόπλερ και επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό των ταχυτήτων.
- Η παρατηρήσεις αυτές είναι εξαιρετικά απαιτητικές:
- Η Γη προσδίδει στον Ήλιο μια ταχύτητα των 300 μέτρων την ώρα
- Ο Δίας προσδίδει στον Ήλιο μια ταχύτητα 50 χιλιομέτρων την ώρα
- Μέσω αυτής της μεθόδου έχουν επιβεβαιωθεί 255 πλανήτες



# Παρατήρηση ίδιας κίνησης

- Ο πλανήτης προκαλεί περιοδική κίνηση του μητρικού άστρου
- Αυτή είναι ανάλογη με την μάζα του πλανήτη και δεν είναι ευαίσθητη στην απόσταση του πλανήτη από το άστρο
- Προς το παρόν έχει παρατηρηθεί μόνο μία περίπτωση μέσω του Διαστημικού Τηλεσκόπιου Χαμπλ





# Βαρυτικός Μικροφακός

- Αν ο πλανήτης ευθυγραμμιστεί με κάποιο αστέρι τότε θα λειτουργήσει σαν βαρυτικός φακός και θα εστιάσει το φως του αστεριού προκαλώντας μια ταχύτατη αύξηση της φωτεινότητας του άστρου για λίγες ώρες έως μερικές μέρες
- Τα γεγονότα αυτά είναι εξαιρετικά τυχαία και απρόβλεπτα, ενώ δεν είναι εγγυημένη η περιοδικότητά τους
- Μέχρι ώρα έχουν επιβεβαιωθεί 4 πλανήτες με αυτή τη μέθοδο





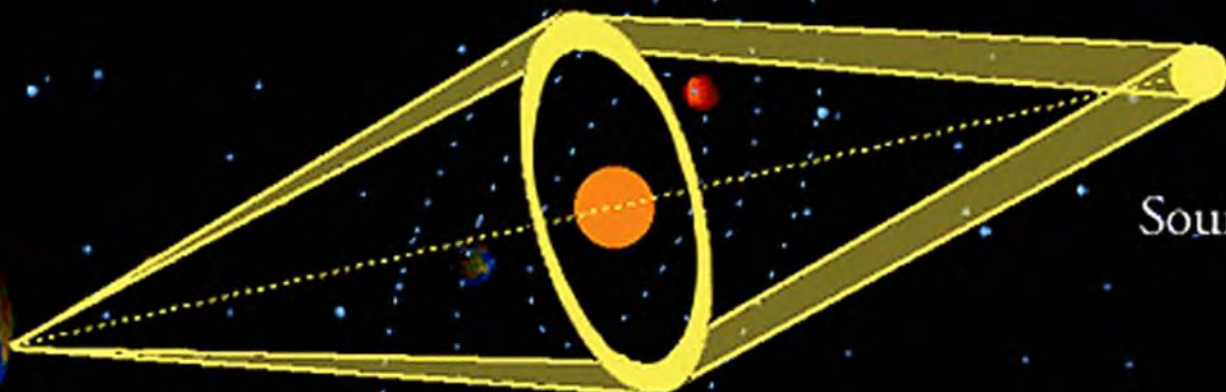
Observer



Lens



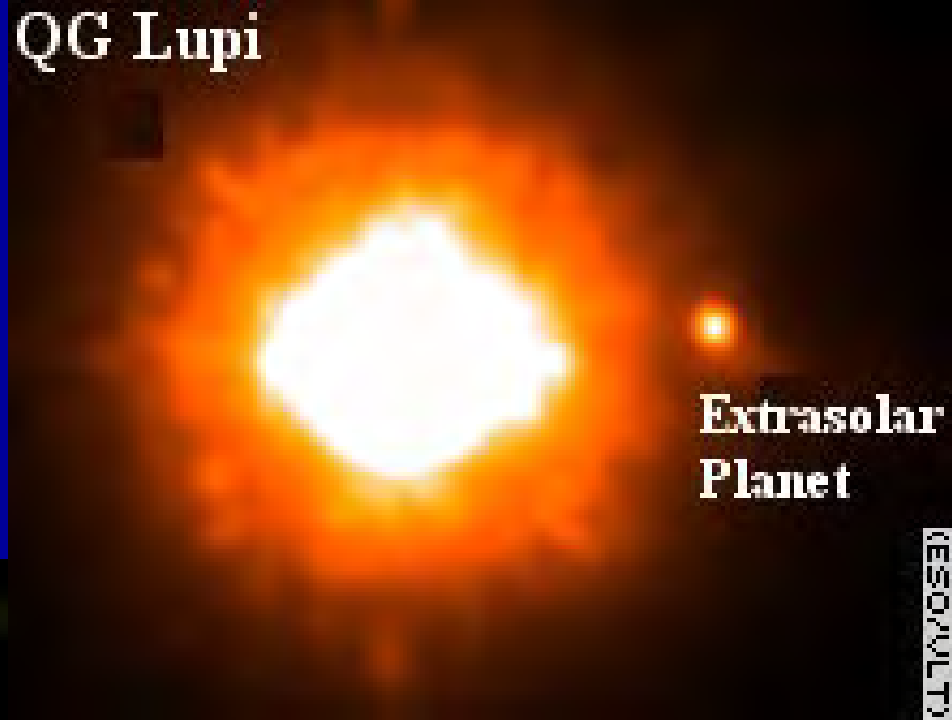
Source



# Άμεση απεικόνιση

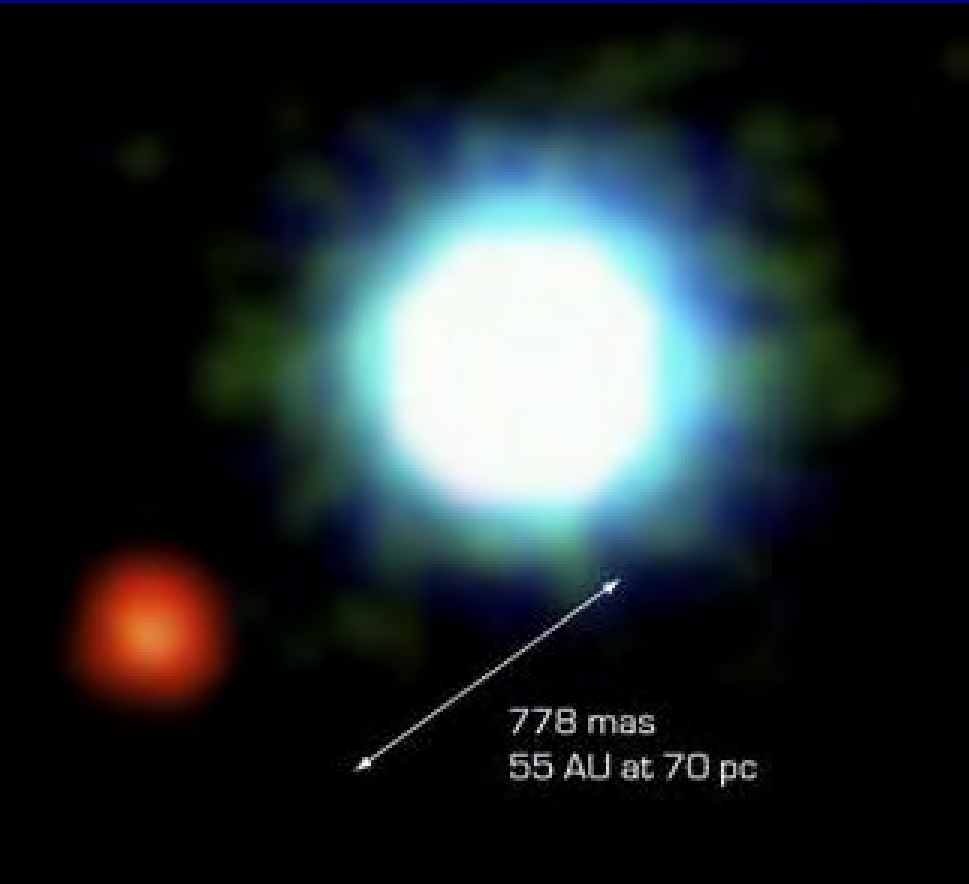
- Ο πλανήτης φαίνεται εξαιρετικά αμυδρός δίπλα στο φωτεινό άστρο
- Από τους πλανήτες που έχουμε παρατηρήσει μόνο 4 τους έχουμε φωτογραφίσει
- Μελλοντικές τεχνικές αποσβεστικής συμβολής θα επιτρέψουν την άμεση απεικόνιση

QG Lupi

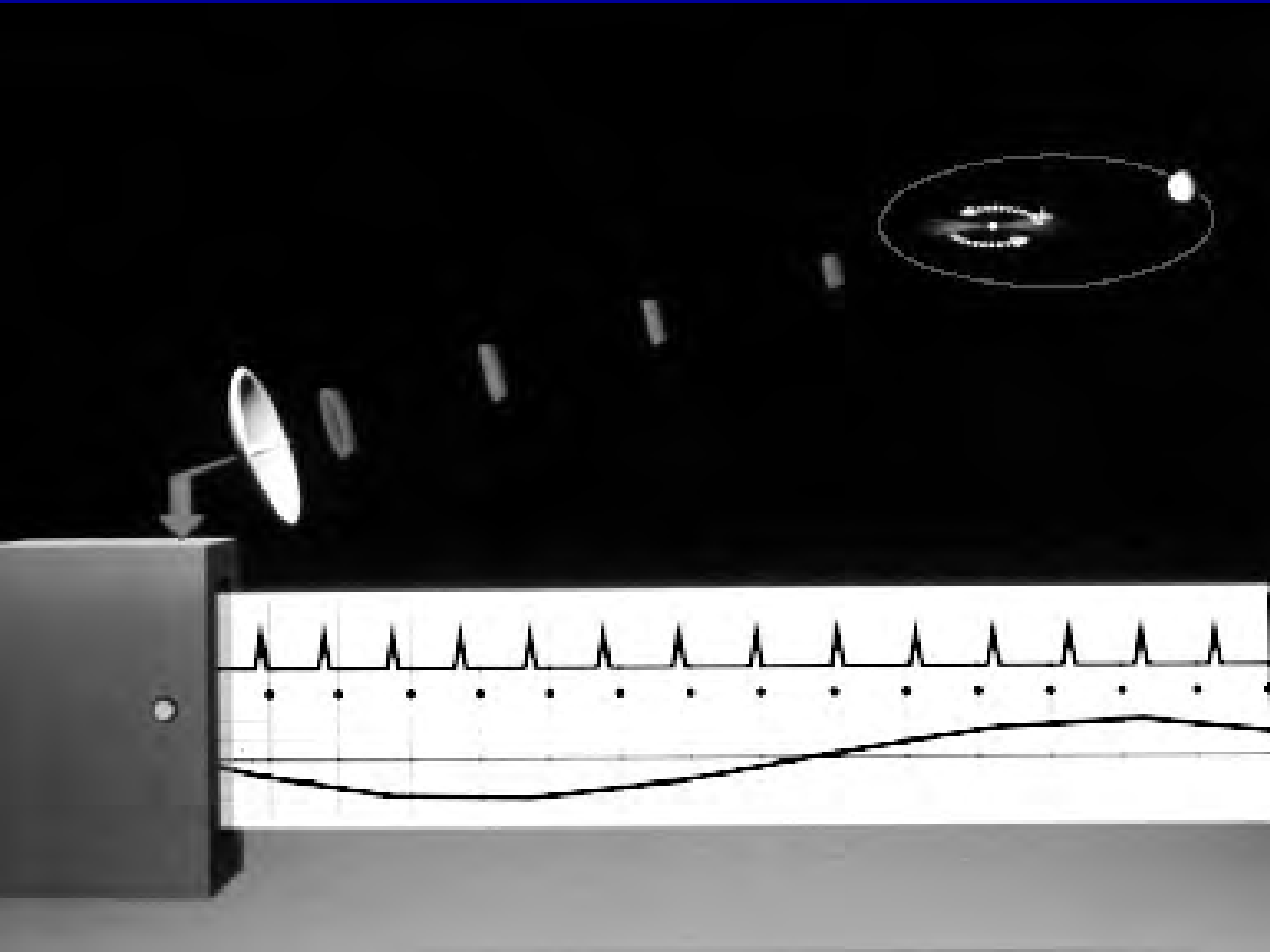


Extrasolar  
Planet

(RESOLUTION)

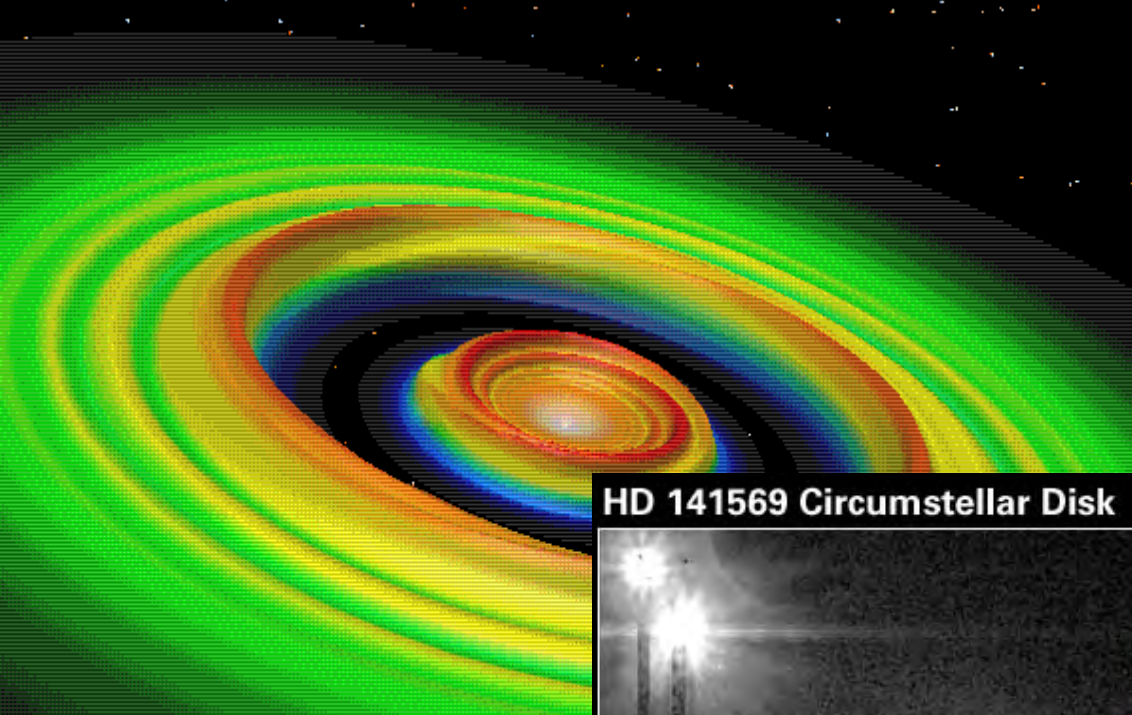


778 mas  
55 AU at 70 pc



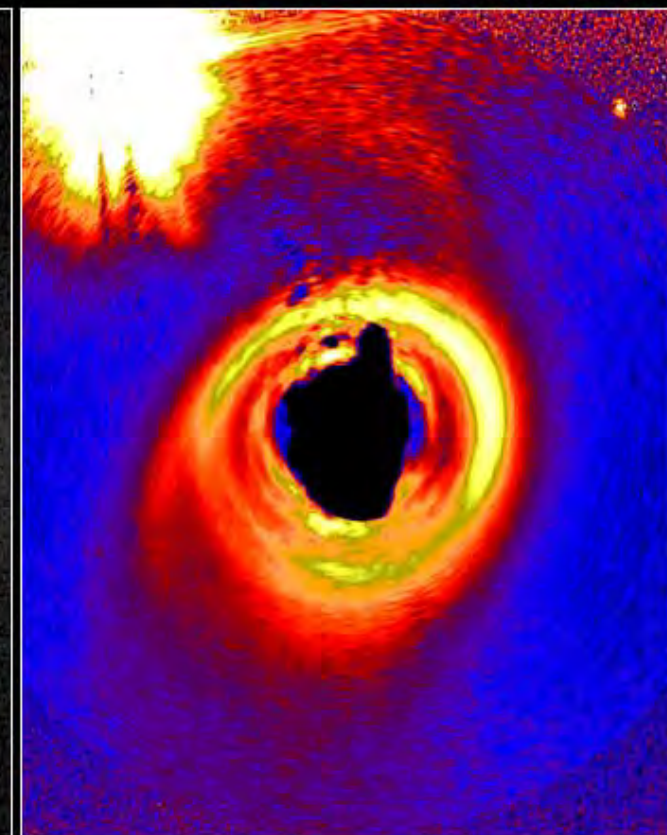
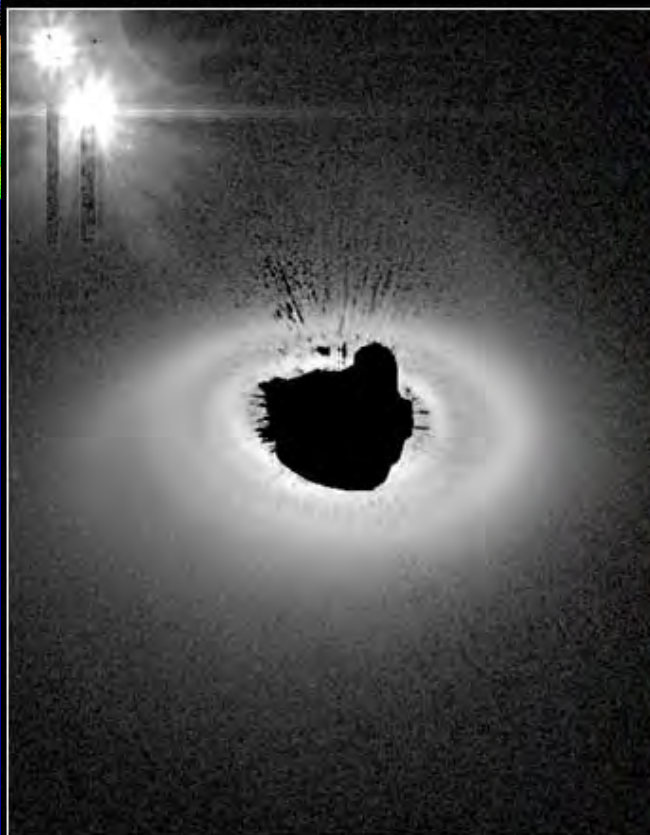
# Παρατήρηση Περιαστρικών Δίσκων

- Μέσω του διαστημικού τηλεσκοπίου Χαμπλ, είναι πλέον ορατή η υπέρυθρη ακτινοβολία των περιαστρικών δίσκων
- Αυτοί αποτελούνται από μικρά σώματα, σαν αυτά της ζώνης Κούιπερ
- Επειδή η απεικόνιση είναι εφικτή σε πολύ μικρή κλίμακα φαίνονται κενά στους δίσκους
- Τα κενά αυτά οφείλονται σε παρουσία πλανητών που έχουν σαρώσει το υλικό
- Υπάρχει πλέον μια επιβεβαιωμένη περίπτωση πλανήτη στο ε Ηριδανού



HD 141569 Circumstellar Disk

HST ■ ACS



NASA, M. Clampin (STScI), H. Ford (JHU), G. Illingworth (UCO/Lick), J. Krist (STScI),  
D. Ardila (JHU), D. Golimowski (JHU), the ACS Science Team and ESA

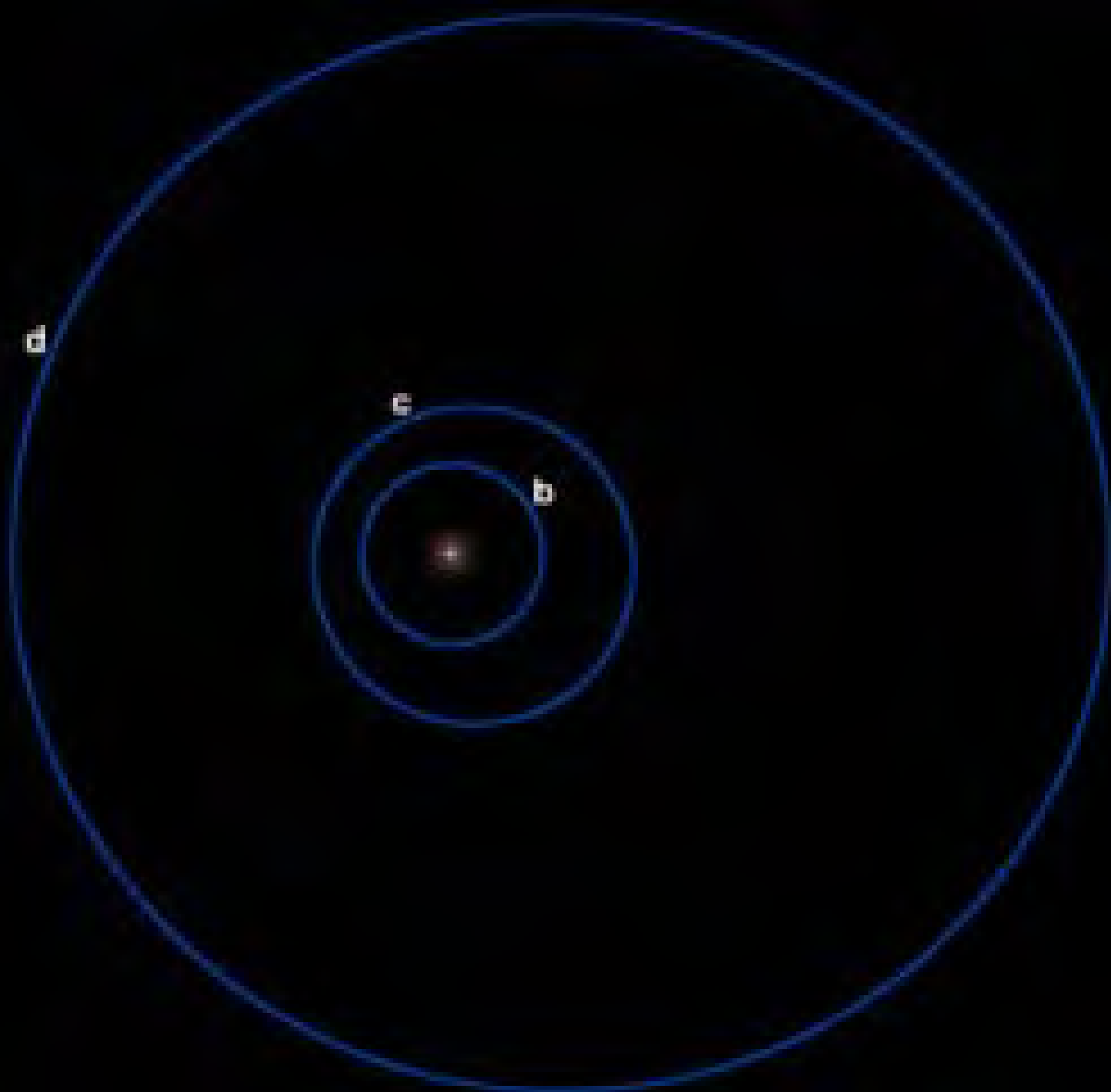
STScI-PRC03-02

# Πλανήτες σαν τη Γη

## Η περίπτωση του Gliese 581

- Το άστρο Gliese 581 είναι τύπου M3V (ερυθρός νάνος)
- Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα περίπτωση αστεριού γιατί περιβάλλεται από ένα σύστημα τριών (τουλάχιστον) πλανητών
- Ο μικρότερος από αυτούς έχει 5 φορές τη μάζα της Γης και η ακτίνα του εκτιμάται στο 1.5 της Γήινης
- Βρίσκεται σε απόσταση 0.17 AU
- Εκτιμήσεις για τη θερμοκρασία του δίνουν μια πρόβλεψη γύρω στους 0°C
- Είναι ο κοντινότερος πλανήτης στα χαρακτηριστικά που έχει παρατηρηθεί ποτέ

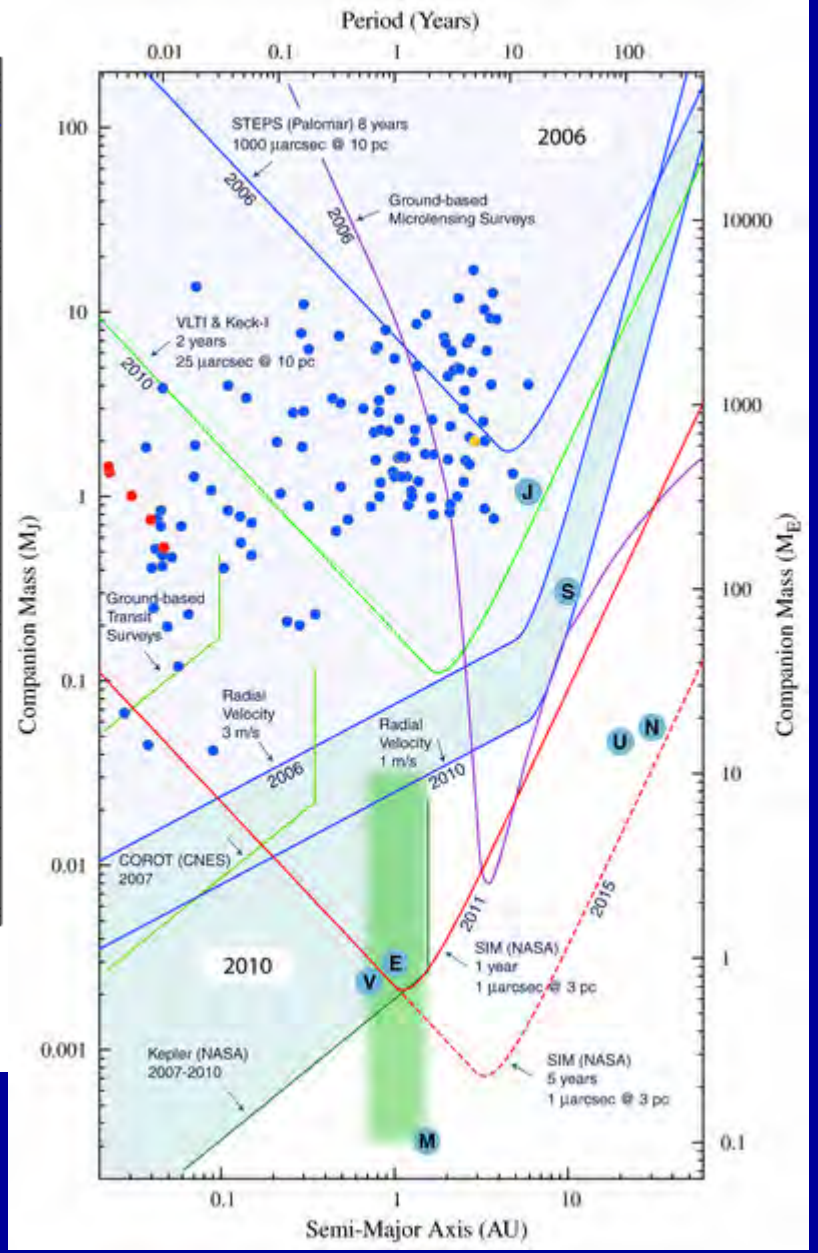
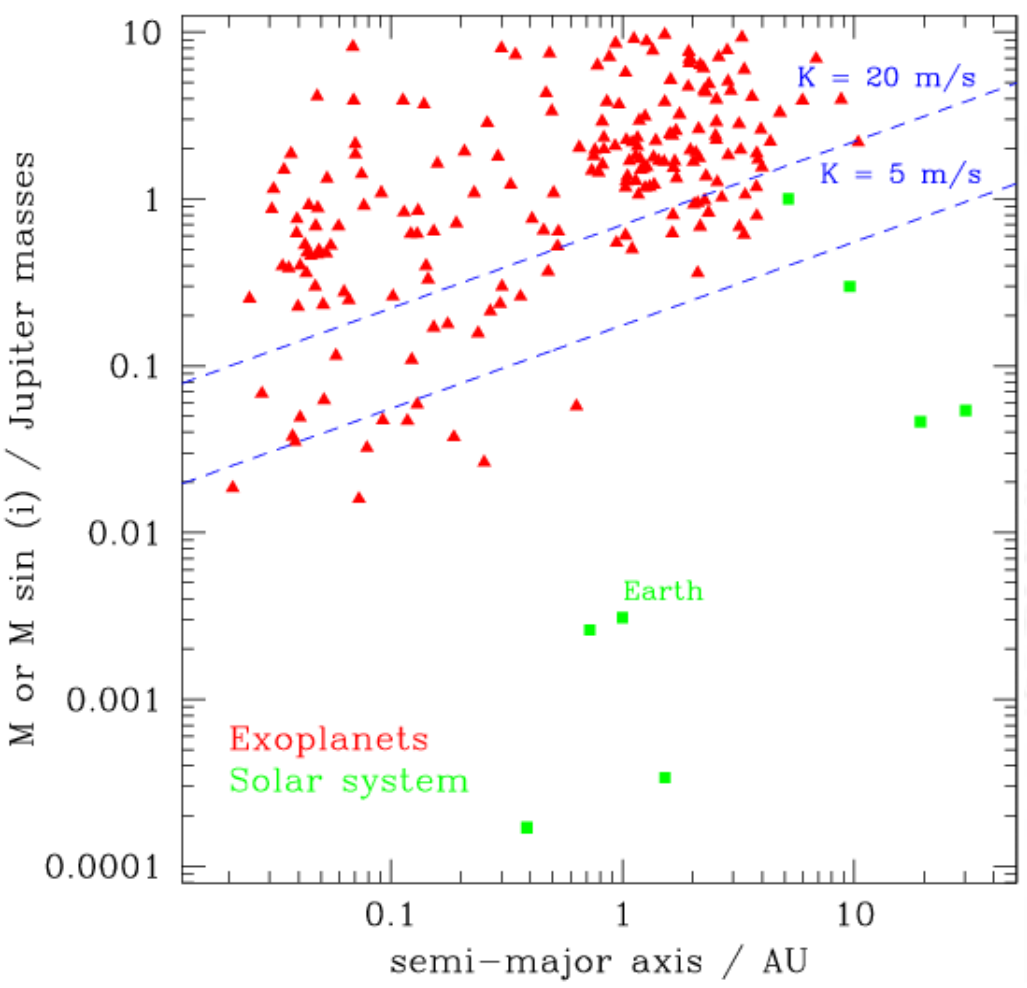




# Γενικά χαρακτηριστικά των εξωηλιακών πλανητών

- Οι μάζες και τα χαρακτηριστικά των πλανητών είναι κοντά σε αυτό που περιμένουμε να δούμε;
- Αλλά, τι ακριβώς περιμένουμε να δούμε;
- Ποια είναι τα όρια των παρατηρησιακών μεθόδων
- Το Ηλιακό μας σύστημα πού εντάσσεται σε αυτή την εικόνα;

Reported data June 2007



# Η μεγάλη ερώτηση:

- Υπάρχει ζωή έξω από τη Γη;
- Τα παρακάτω είναι περισσότερο στοιχεία προβληματισμού.
- Το θέμα είναι ανοιχτό και προσεγγίζεται από τους ειδικούς με μεγάλη επιφύλαξη
- Είναι επισφαλής τα συμπεράσματα προς το παρόν
- Σημείο συνάντησης πολλών επιστημών (Αστρονομία, Χημεία, Βιολογία, Κοινωνιολογία).

# Ζωή στο Διάστημα

- Για να υπολογίσουμε την πιθανότητα να υπάρχει ζωή εκτός της Γης κάνουμε ορισμένες παραδοχές για τις αναγκαίες (;) αλλά σε καμιά περίπτωση ικανές συνθήκες:
  - Η ζωή μπορεί να αναπτυχθεί σε πλανήτες σαν τη Γη
  - Η ζωή εμφανίζεται στη μορφή που τη γνωρίζουμε
- Η αναζήτηση ζωής στο πρώτο της βήμα ψάχνει για πλανήτες σα τη Γη
- Σε δεύτερο στάδιο απαιτείται ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης των πλανητών
- Το τρίτο βήμα είναι η ανακάλυψη ιχνών ζωής (προς το παρόν έξω από τις δυνατότητές μας)

# Ζωή στη Γη

- Τι χρειάζεται η ζωή στη Γη;
  - Σταθερή πηγή ενέργειας για πολλά χρόνια
  - Κατάλληλα χημικά συστατικά
  - Κατάλληλες θερμοκρασίες
  - Προστασία από εξωγενείς καταστροφές
  - Αποφυγή αυτοκαταστροφικών τάσεων

# Αντιπαραδείγματα

- Η Σελήνη παρότι δέχεται τις ίδιες εξωτερικές επιδράσεις με τη Γη, δεν έχει ίχνος ζωής (απουσία ατμόσφαιρας)
- Η Αφροδίτη και ο Άρης παρότι είναι στα όρια της κατοικήσιμης ζώνης δεν έχουν ζωή (;)
- Η Γη μόνο μετά από 5 δις χρόνια αποτυχημένων «πειραμάτων» κατάφερε να φιλοξενήσει ζωή που να έχει δυνατότητα μελέτης του Σύμπαντος
- Οι δεινόσαυροι παρότι κυριάρχησαν για πάρα πολλά χρόνια δεν ανέπτυξαν ανώτερο πολιτισμό
- Ο άνθρωπος δεν είναι σίγουρο ότι θα επιβιώσει για την ανάπτυξη ανώτερης τεχνολογίας διαστρικών ταξιδιών



