

# Astronomia planetaria: transiti ed esopianeti in classe

Gianluigi Filippelli

Liceo "C. Cavalleri", Parabiago (Milano). 29/11/2017

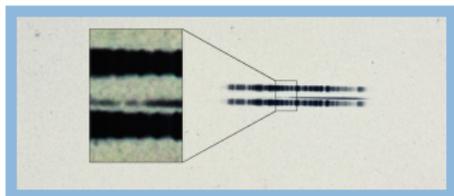
# Il sistema tolemaico

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



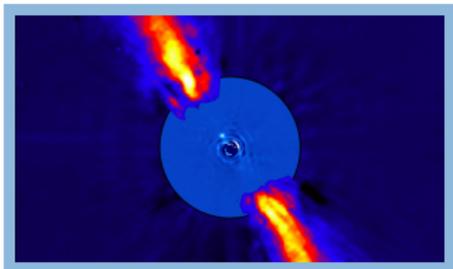


# Una timeline: il primo presunto esopianeta



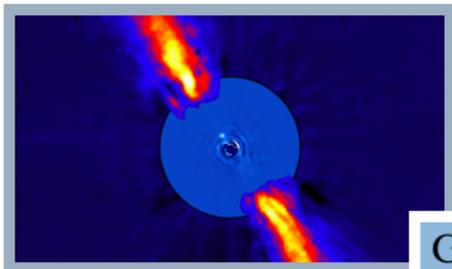
- Spettro di van Maanen 2; nel riquadro le linee associate con gli elementi sulla superficie della stella via [Phil Plait](#)

# Una timeline: le prime osservazioni

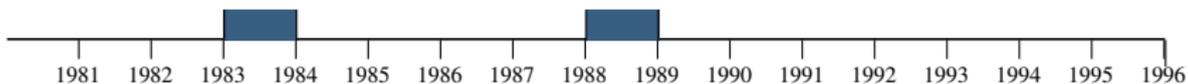


- Prima osservazione di un disco planetario

# Una timeline: le prime osservazioni

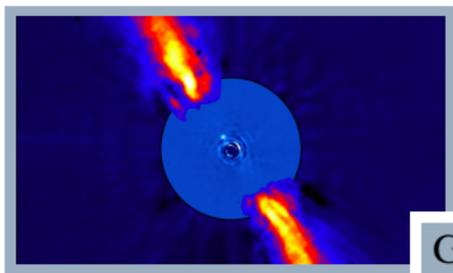


Gamma Cephei Ab



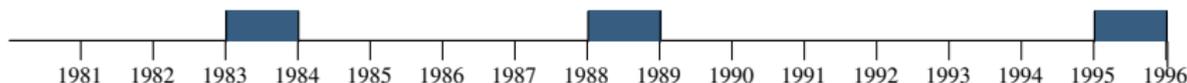
- Esistenza del pianeta confermata nel 2002

# Una timeline: le prime osservazioni



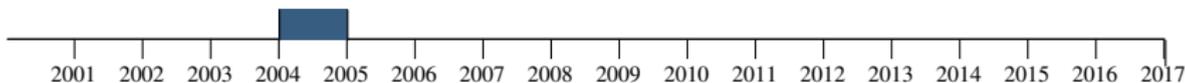
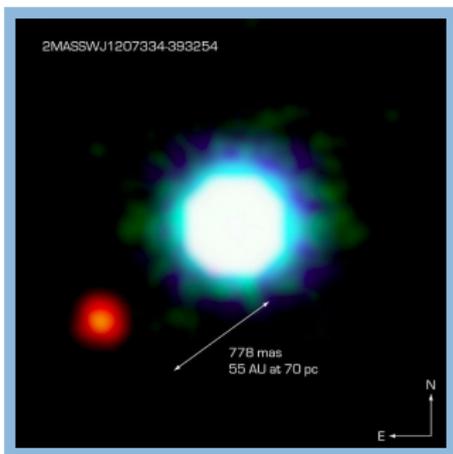
Gamma Cephei Ab

51 Pegasi b



- Il primo esopianeta a essere confermato come tale. Orbita intorno a una stella nella sequenza principale

# Una timeline: la prima osservazione ottica



- La prima osservazione di un esopianeta **fatta dal VLT** via **Phil Plait**

# Velocità radiale o oscillazione Doppler

## Ipotesi

La velocità radiale di una stella è influenzata dalla presenza di un pianeta in orbita intorno alla stessa.

# Velocità radiale o oscillazione Doppler

## Ipotesi

La velocità radiale di una stella è influenzata dalla presenza di un pianeta in orbita intorno alla stessa.

## Cosa osservare

La velocità radiale proveniente dalla stella sarà tendente al blu quando il pianeta sulla sua orbita si muove verso la Terra, sarà tendente al rosso quando il pianeta si allontana.

# Velocità radiale o oscillazione Doppler

## Vantaggi

Efficace per rilevare pianeti massicci.



# Velocità radiale o oscillazione Doppler

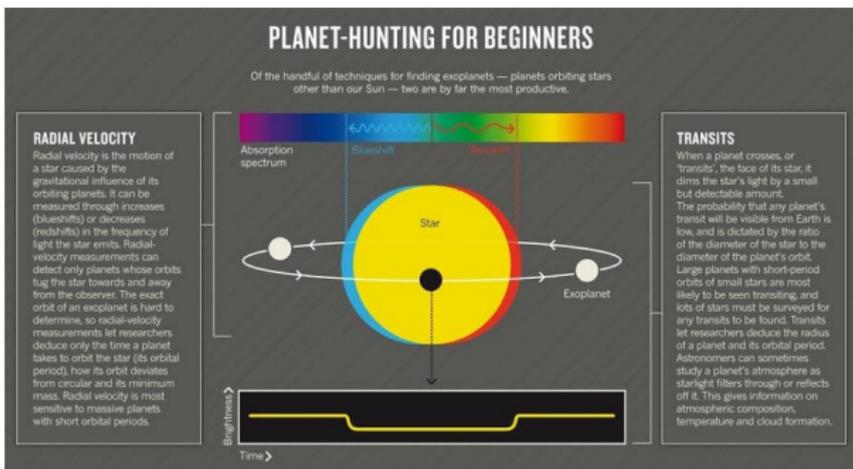
## Vantaggi

Efficace per rilevare pianeti massicci.

## Difficoltà

Difficoltà nel determinare l'esatta orbita di un pianeta e quindi il periodo di rotazione orbitale e l'eccentricità.

# Metodo del transito: un'infografica



# Metodo del transito

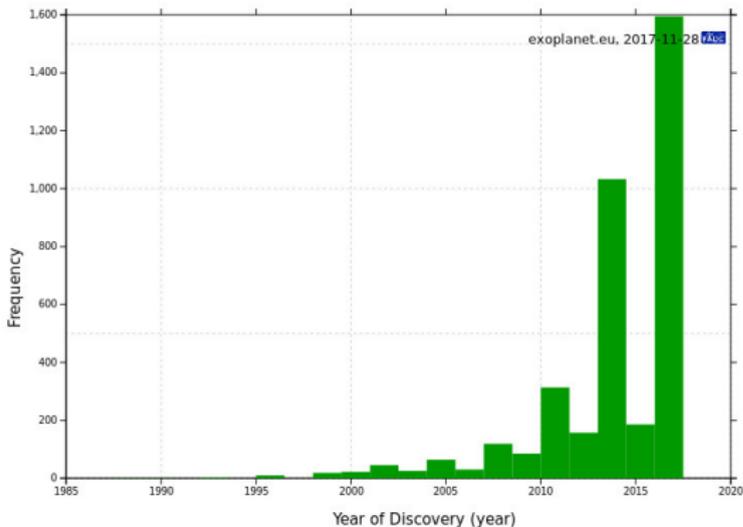
## Cosa osservare

Si studia l'intensità della luce emessa dalla stella (la luminosità): quando la luce diminuisce, questo vuol dire che davanti alla stella sta passando un oggetto.

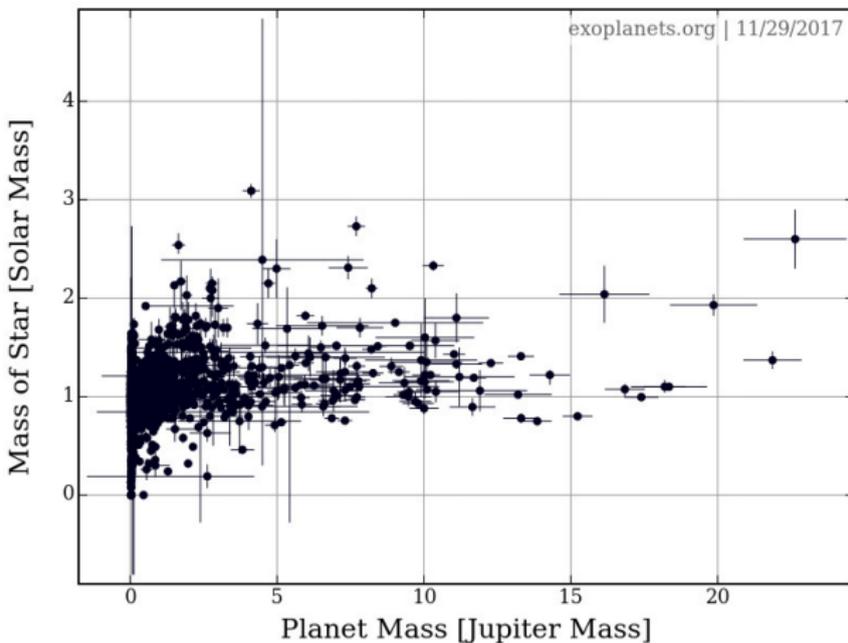
## Vantaggi

Si possono determinare: il raggio dell'oggetto e il suo periodo orbitale. Inoltre è anche possibile studiarne l'atmosfera, la sua composizione, la temperatura e l'eventuale presenza e formazione di nuvole.

# Kepler: l'esposizione degli esopianeti



# Kepler: grafici dai dati reali



# Un po' di trigonometria

## Eccentricità

$$r' = a \frac{1 - e^2}{1 + e \cos \left( 2\pi \frac{t}{p} \right)}$$

$a$  semi asse maggiore,  $e$  eccentricità,  $r'$  raggio orbitale del pianeta,  $p$  periodo orbitale

LoPresto, M., McKay, R. (2005). An introductory physics exercise using real extrasolar planet data *Physics Education*, 40 (1), 46-50  
DOI: [10.1088/0031-9120/40/1/003](https://doi.org/10.1088/0031-9120/40/1/003) (pdf)

# Kepler: utilizzare i dati

## Studio diretto dei dati astronomici

Publici e liberamente consultabili (generalmente dopo 6 mesi), alcuni anche in formati semplici da leggere anche con gli usuali *editor* di testo. Ciò permette di confrontarsi con dati reali e alla loro elaborazione statistica.

# Kepler: un po' di matematica

## Il raggio del pianeta

La profondità del transito

$$\Delta F = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}}$$

è direttamente proporzionale a

$$\left(\frac{R_p}{R_s}\right)^2$$

dove  $B_{\max}$ ,  $B_{\min}$  sono rispettivamente le intensità luminose prima/dopo e durante il transito;  $R_s$ ,  $R_p$  rispettivamente i raggi della stella e del pianeta

# Kepler: un po' di matematica

## Le dimensioni dell'orbita

La durata del transito

$$\tau = \frac{RP}{\pi a}$$

è legata al raggio della stella  $R$ , al periodo orbitale  $P$ , al raggio medio dell'orbita  $a$ .

L'equazione precedente, data  $v_c$  la velocità circolare del pianeta, è ricavata dal confronto tra

$$P = \frac{2\pi a}{v_c}$$

$$\tau = \frac{2R}{v_c}$$

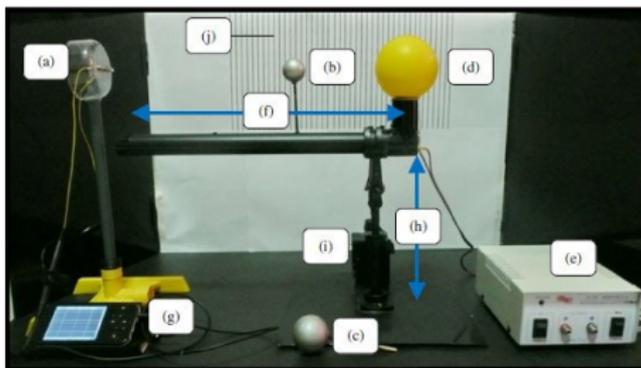
# Kepler: un po' di matematica

## La massa della stella

$$P = \frac{2\pi}{\sqrt{GM_s}} a^{\frac{3}{2}}$$

con  $P$  periodo orbitale,  $M_s$  massa della stella,  $a$  raggio medio dell'orbita

# Kepler: simulare il transito in laboratorio



# Bibliografia

- Timeline della NASA sulla ricerca degli esopianeti
- Grafici con i dati di Kepler
- Exoplanet Orbit Database
- Edu INAF: Una simulazione della missione Kepler
  - Simulare il transito di pianeti extrasolari
  - Choopan, W., Ketpichainarong, W., Laosinchai, P., Panijpan, B. (2011). A demonstration setup to simulate detection of planets outside the solar system *Physics Education*, 46 (5), 554-558 DOI: [10.1088/0031-9120/46/5/007](https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/5/007)
  - George, S. (2011). Extrasolar planets in the classroom *Physics Education*, 46 (4), 403-406 DOI: [10.1088/0031-9120/46/4/004](https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/4/004) (arXiv)