

Casinos y Sistemas Extrasolares

Christian Poveda

Universidad de los Andes

21 de Febrero de 2014

MENU

MENU

- ▶ Introducción

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi
 - ▶ Gliese 581

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi
 - ▶ Gliese 581
- ▶ Probabilidad

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi
 - ▶ Gliese 581
- ▶ Probabilidad
 - ▶ Verosimilitud

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi
 - ▶ Gliese 581
- ▶ Probabilidad
 - ▶ Verosimilitud
 - ▶ Marginalización

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi
 - ▶ Gliese 581
- ▶ Probabilidad
 - ▶ Verosimilitud
 - ▶ Marginalización
- ▶ De vuelta al proyecto

MENU

- ▶ Introducción
- ▶ Sistemas planetarios
 - ▶ Nu Ophiuchi
 - ▶ Gliese 581
- ▶ Probabilidad
 - ▶ Verosimilitud
 - ▶ Marginalización
- ▶ De vuelta al proyecto
- ▶ Discusión y Conclusiones

Introducción: El artículo

Introducción: El artículo



Cornell University
Library

[arXiv.org](https://arxiv.org) > [astro-ph](https://arxiv.org/astro-ph) > [arXiv:1401.6128v2](https://arxiv.org/astro-ph/1401.6128v2)

Astrophysics > Instrumentation and Methods for Astrophysics

The Probabilities of Orbital-Companion Models for Stellar Radial Velocity Data

Fengji Hou, Jonathan Goodman, David W. Hogg

(Submitted on 23 Jan 2014 (v1), last revised 29 Jan 2014 (this version, v2))

The fully marginalized likelihood, or Bayesian evidence, is of great importance in probabilistic data analysis, because it is involved in calculating the posterior probability of a model or re-weighting a mixture of models conditioned on data. It is, however, extremely challenging to compute. This paper presents a geometric-path Monte Carlo method, inspired by multi-canonical Monte Carlo to evaluate the fully marginalized likelihood. We show that the algorithm is very fast and easy to implement and produces a justified uncertainty estimate on the fully marginalized likelihood. The algorithm performs efficiently on a trial problem and multi-companion model fitting for radial velocity data. For the trial problem, the algorithm returns the correct fully marginalized likelihood, and the estimated uncertainty is also consistent with the standard deviation of results from multiple runs. We apply the algorithm to the problem of fitting radial velocity data from HIP 88048 (ν Oph) and Gliese 581. We evaluate the fully marginalized likelihood of 1, 2, 3, and 4-companion models given data from HIP 88048 and various choices of prior distributions. We consider prior distributions with three different minimum radial velocity amplitude K_{\min} . Under all three priors, the 2-companion model has the largest marginalized likelihood, but the detailed values depend strongly on K_{\min} . We also evaluate the fully marginalized likelihood of 3, 4, 5, and 6-planet model given data from Gliese 581 and find that the fully marginalized likelihood of the 5-planet model is too close to that of the 6-planet model for us to confidently decide between them.

Comments: 24 pages, 10 figures, 2 tables, submitted to AJ

Subjects: **Instrumentation and Methods for Astrophysics (astro-ph.IM)**; Earth and Planetary Astrophysics (astro-ph.EP)

Cite as: [arXiv:1401.6128](https://arxiv.org/abs/1401.6128) [astro-ph.IM]

(or [arXiv:1401.6128v2](https://arxiv.org/abs/1401.6128v2) [astro-ph.IM] for this version)

Introducción: ¿Como llegué a este artículo?

Introducción: ¿Como llegué a este artículo?

◀ writing support? #64

🔒 Closed

davidwhogg opened this issue 23 days ago · 1 comment



davidwhogg commented 23 days ago

@davidwhogg is ready to provide writing support on the paper. Let's finish this sucker.

Introducción: ¿Como llegué a este artículo?

◀ writing support? #64



davidwhogg opened this issue 23 days ago · 1 comment



davidwhogg commented 23 days ago

@davidwhogg is ready to provide writing support on the paper. Let's finish this sucker.

Gracias Nicolas! :)

Introducción: ¿Como llegué a este artículo?



David W. Hogg
davidwhogg

📍 New York City

🌐 <http://cosmo.nyu.edu/hogg/>

🕒 Joined on Apr 05, 2011

79
followers

39
starred

39
following

📁 Contributions

📁 Repositories

📡 Public Activity

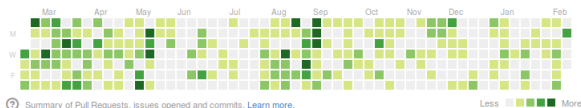
Popular repositories

📁 MagicCube don't ask	38 ★
📁 DataAnalysisRecipes chapters of a book Hogg will never write	15 ★
📁 TheThresher we Don't Throw Away Data (tm).	9 ★
📁 AstronomyChallenges	7 ★
📁 TheTractor contributions to and ideas about the Tra...	4 ★

Repositories contributed to

📁 dfm/plm A data-driven causal model for modelin...	0 ★
📁 dfm/mcmc Some notes about MCMC	3 ★
📁 exosamsi/detrending Light curves and detrending at #exosamsi	7 ★
📁 mykytyn/QuasarVariability Exploring time-dependent properties of ...	3 ★
📁 adm/streams Because the Galaxy won't infer its own p...	0 ★

Public contributions



Introducción: ¿De que se trata?

Introducción: ¿De que se trata?

- ▶ Se utiliza un nuevo método de MonteCarlo para hacer ajustes de modelos a datos experimentales.

Introducción: ¿De que se trata?

- ▶ Se utiliza un nuevo método de MonteCarlo para hacer ajustes de modelos a datos experimentales.



- ▶ Los métodos de MonteCarlo se basa en la aleatoriedad para generar resultados.

Introducción: ¿De que se trata?

- ▶ Se utiliza un nuevo método de MonteCarlo para hacer ajustes de modelos a datos experimentales.



- ▶ Los métodos de MonteCarlo se basa en la aleatoriedad para generar resultados.
- ▶ Se trata de determinar la relevancia de el número de compañeros de una estrella a partir de su velocidad radial.

Introducción: ¿De que se trata?

- ▶ Se utiliza un nuevo método de MonteCarlo para hacer ajustes de modelos a datos experimentales.



- ▶ Los métodos de MonteCarlo se basa en la aleatoriedad para generar resultados.
- ▶ Se trata de determinar la relevancia de el número de compañeros de una estrella a partir de su velocidad radial.
- ▶ Se estudiaron dos sistemas: Uno bien conocido (Nu Ophiuchi) y otro del que aún no se saben muchas cosas (Gliese 581).

Introducción: ¿Velocidad Radial?

Introducción: ¿Velocidad Radial?

- ▶ La velocidad radial es aquella que se produce en dirección radial (acercarse o alejarse).

Introducción: ¿Velocidad Radial?

- ▶ La velocidad radial es aquella que se produce en dirección radial (acercarse o alejarse).
- ▶ Esta produce corrimientos por efecto Doppler (hacia el rojo o hacia el azul).

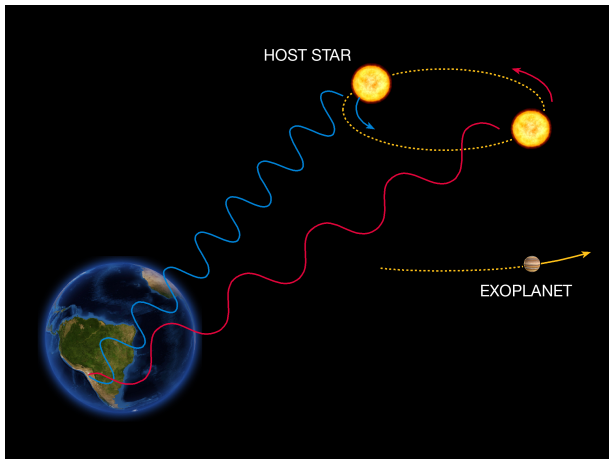
Introducción: ¿Velocidad Radial?

- ▶ La velocidad radial es aquella que se produce en dirección radial (acercarse o alejarse).
- ▶ Esta produce corrimientos por efecto Doppler (hacia el rojo o hacia el azul).
- ▶ Midiendo el espectro es fácil calcular este corrimiento.

Introducción: ¿Velocidad Radial?

- ▶ La velocidad radial es aquella que se produce en dirección radial (acercarse o alejarse).
- ▶ Esta produce corrimientos por efecto Doppler (hacia el rojo o hacia el azul).
- ▶ Midiendo el espectro es fácil calcular este corrimiento.
- ▶ La presencia de otros cuerpos hace que la velocidad radial varíe.

Introducción: ¿Velocidad Radial?



The Radial Velocity Method

ESO Press Photo 22e/07 (25 April 2007)

This image is copyright © ESO. It is released in connection with an ESO press release and may be used by the press on the condition that the source is clearly indicated in the caption.



Sistemas Planetarios: Nu Ophiuchi

Sistemas Planetarios: Nu Ophiuchi

- ▶ ν -ophiuchi no es un sistema planetario, se encuentra a está a 151 ly de distancia y se compone de una estrella gigante y dos enanas marrones.

Sistemas Planetarios: Nu Ophiuchi

- ▶ ν -ophiuchi no es un sistema planetario, se encuentra a está a 151 ly de distancia y se compone de una estrella gigante y dos enanas marrones.
- ▶ Los datos de este sistema son muy buenos (tienen poco ruido).

Sistemas Planetarios: Nu Ophiuchi

- ▶ ν -ophiuchi no es un sistema planetario, se encuentra a está a 151 ly de distancia y se compone de una estrella gigante y dos enanas marrones.
- ▶ Los datos de este sistema son muy buenos (tienen poco ruido).
- ▶ ν -oph a: Tiene una temperatura de 4928 K, es Naranja, tiene una masa de $3M_{\odot}$ y un radio de $14R_{\odot}$.
- ▶ ν -oph b: Tiene una masa de al menos $21.9 M_J$, su orbita tiene un semieje mayor de 1.87 AU y un periodo de 536 dias.
- ▶ ν -oph c: Tiene una masa de al menos $24.5 M_J$, su orbita tiene un semieje mayor de 5.88 AU y un periodo de 3169 dias.

Sistemas Planetarios: Nu Ophiuchi

- ▶ ν -ophiuchi no es un sistema planetario, se encuentra a está a 151 ly de distancia y se compone de una estrella gigante y dos enanas marrones.
- ▶ Los datos de este sistema son muy buenos (tienen poco ruido).
- ▶ ν -oph a: Tiene una temperatura de 4928 K, es Naranja, tiene una masa de $3M_{\odot}$ y un radio de $14R_{\odot}$.
- ▶ ν -oph b: Tiene una masa de al menos $21.9 M_J$, su orbita tiene un semieje mayor de 1.87 AU y un periodo de 536 dias.
- ▶ ν -oph c: Tiene una masa de al menos $24.5 M_J$, su orbita tiene un semieje mayor de 5.88 AU y un periodo de 3169 dias.

$$M_J = 1.8986 \times 10^{27} \text{ kg} \quad M_{\odot} = 1.9891 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_J \sim 1 \text{ mol de Hipopotamos} \quad M_{\odot} \sim 1 \text{ mol de Cohetes Saturno V}$$

$$1 \text{ AU} = 149597870 \text{ km} \quad R_{\odot} = 696342 \text{ km}$$

Sistemas Planetarios: Nu Ophiuchi



3 Toneladas vs 3000 Toneladas

Sistemas Planetarios: Gliese 581

Sistemas Planetarios: Gliese 581

- ▶ Gliese 581 si es un sistema planetario, se encuentra a está a 20 ly de distancia y se compone de una enana roja y de tres a seis planetas.

Sistemas Planetarios: Gliese 581

- ▶ Gliese 581 si es un sistema planetario, se encuentra a está a 20 ly de distancia y se compone de una enana roja y de tres a seis planetas.
- ▶ Gliese 581 a: Tiene una temperatura de 3480 K, es roja, tiene una masa de $0.31M_{\odot}$ y un radio de $0.29R_{\odot}$

Sistemas Planetarios: Gliese 581

- ▶ Gliese 581 si es un sistema planetario, se encuentra a está a 20 ly de distancia y se compone de una enana roja y de tres a seis planetas.
- ▶ Gliese 581 a: Tiene una temperatura de 3480 K, es roja, tiene una masa de $0.31M_{\odot}$ y un radio de $0.29R_{\odot}$

Planeta	Masa (M_{\oplus})	Semieje Mayor (AU)	Periodo (dias)
e	2.24	0.028	3.15
b	18.36	0.041	5.37
c	6.24	0.072	12.92
g	3.1	0.146	36.56
d	6.98	0.218	66.87
f	7.0	0.758	433.00

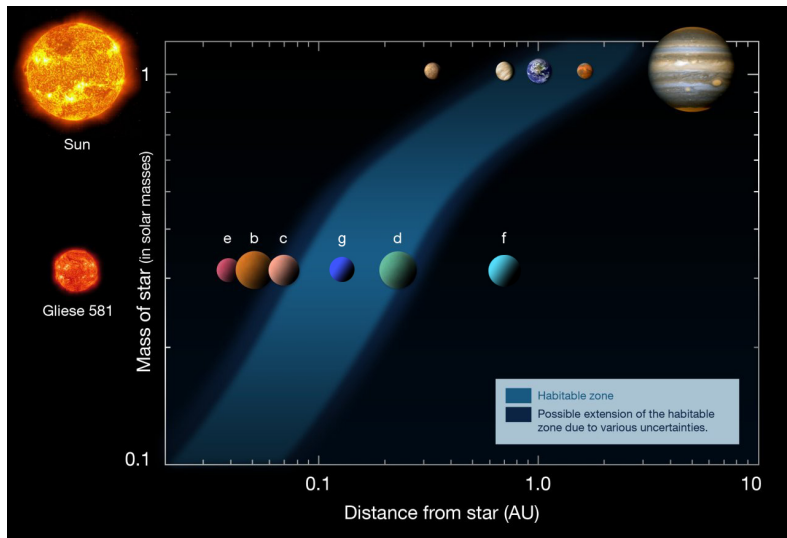
Sistemas Planetarios: Gliese 581

- ▶ Gliese 581 si es un sistema planetario, se encuentra a está a 20 ly de distancia y se compone de una enana roja y de tres a seis planetas.
- ▶ Gliese 581 a: Tiene una temperatura de 3480 K, es roja, tiene una masa de $0.31M_{\odot}$ y un radio de $0.29R_{\odot}$

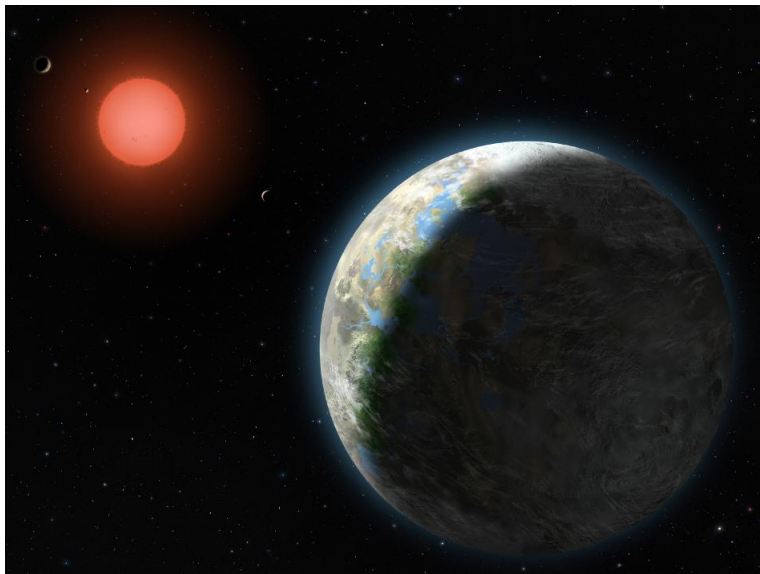
Planeta	Masa (M_{\oplus})	Semieje Mayor (AU)	Periodo (dias)
e	2.24	0.028	3.15
b	18.36	0.041	5.37
c	6.24	0.072	12.92
g	3.1	0.146	36.56
d	6.98	0.218	66.87
f	7.0	0.758	433.00

$$M_{\oplus} = 5.97219 \times 10^{24} \text{ kg} \sim 1 \text{ mol de Condores de los Andes}$$

Sistemas Planetarios: Gliese 581



Sistemas Planetarios: Gliese 581



Probabilidad: Verosimilitud

Probabilidad: Verosimilitud

- ▶ Es una función de los parametros de algún modelo.

Probabilidad: Verosimilitud

- Es una función de los parametros de algún modelo.

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0 \longrightarrow \mathcal{L}(g, v_0, y_0)$$

Probabilidad: Verosimilitud

- Es una función de los parametros de algún modelo.

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0 \longrightarrow \mathcal{L}(g, v_0, y_0)$$

- Es utilizada para medir que tan acertado es un modelo respecto a unos datos.

Probabilidad: Verosimilitud

- ▶ Es una función de los parametros de algún modelo.

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0 \longrightarrow \mathcal{L}(g, v_0, y_0)$$

- ▶ Es utilizada para medir que tan acertado es un modelo respecto a unos datos.
- ▶ Puede decirnos que valores para los parametros son los mejores.

Probabilidad: Verosimilitud

- ▶ Es una función de los parametros de algún modelo.

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0 \longrightarrow \mathcal{L}(g, v_0, y_0)$$

- ▶ Es utilizada para medir que tan acertado es un modelo respecto a unos datos.
- ▶ Puede decirnos que valores para los parametros son los mejores.
- ▶ La verosimilitud en realidad nos dice cual es la probabilidad de que un modelo sea correcto dados sus parametros.

Probabilidad: Marginalización

Probabilidad: Marginalización

- Suponga que conocemos la probabilidad $P(A|a, b)$ de que algo (A) ocurra condicionada a dos parametros a y b .

Probabilidad: Marginalización

- ▶ Suponga que conocemos la probabilidad $P(A|a, b)$ de que algo (A) ocurra condicionada a dos parametros a y b .
- ▶ Sin embargo a mi no me interesa la dependencia de b , es decir quiero $P(A|a)$.

Probabilidad: Marginalización

- ▶ Suponga que conocemos la probabilidad $P(A|a, b)$ de que algo (A) ocurra condicionada a dos parametros a y b .
- ▶ Sin embargo a mi no me interesa la dependencia de b , es decir quiero $P(A|a)$.
- ▶ Si conozco $P(b|a)$, es decir la probabilidad de que b tome cierto valor dado un valor fijo de a , puedo deshacerme de b .

Probabilidad: Marginalización

- ▶ Suponga que conocemos la probabilidad $P(A|a, b)$ de que algo (A) ocurra condicionada a dos parametros a y b .
- ▶ Sin embargo a mi no me interesa la dependencia de b , es decir quiero $P(A|a)$.
- ▶ Si conozco $P(b|a)$, es decir la probabilidad de que b tome cierto valor dado un valor fijo de a , puedo deshacerme de b .

$$P(A|a) = \sum_b P(A|a, b) P(b|a)$$

Probabilidad: Marginalización

- ▶ Suponga que conocemos la probabilidad $P(A|a, b)$ de que algo (A) ocurra condicionada a dos parametros a y b .
- ▶ Sin embargo a mi no me interesa la dependencia de b , es decir quiero $P(A|a)$.
- ▶ Si conozco $P(b|a)$, es decir la probabilidad de que b tome cierto valor dado un valor fijo de a , puedo deshacerme de b .

$$P(A|a) = \sum_b P(A|a, b) P(b|a)$$

- ▶ Uno puede marginalizar la verosimilitud, sin embargo en general es muy difícil.

De vuelta al Artículo

De vuelta al Artículo

- ▶ Si tenemos una estrella con k compañeros, su velocidad radial dependerá de:

De vuelta al Artículo

- ▶ Si tenemos una estrella con k compañeros, su velocidad radial dependerá de:
 - ▶ La amplitud de la velocidad K de cada compañero.
 - ▶ La velocidad angular media ω de cada compañero.
 - ▶ La longitud del nodo ascendente ϕ de cada compañero.
 - ▶ La excentricidad de la órbita e de cada compañero.
 - ▶ La longitud del periastron $\bar{\omega}$ de cada compañero.
 - ▶ El ruido (jitter) S .
 - ▶ Una velocidad inicial v_0 .

De vuelta al Artículo

- ▶ Si tenemos una estrella con k compañeros, su velocidad radial dependerá de:
 - ▶ La amplitud de la velocidad K de cada compañero.
 - ▶ La velocidad angular media ω de cada compañero.
 - ▶ La longitud del nodo ascendente ϕ de cada compañero.
 - ▶ La excentricidad de la órbita e de cada compañero.
 - ▶ La longitud del periastron $\bar{\omega}$ de cada compañero.
 - ▶ El ruido (jitter) S .
 - ▶ Una velocidad inicial v_0 .
- ▶ En total son $5k + 2$ parámetros, $\theta = (S, v_0, K_i, \omega_i, \phi_i, e_i, \bar{\omega}_i)$

De vuelta al Artículo

- ▶ Si tenemos una estrella con k compañeros, su velocidad radial dependerá de:
 - ▶ La amplitud de la velocidad K de cada compañero.
 - ▶ La velocidad angular media ω de cada compañero.
 - ▶ La longitud del nodo ascendente ϕ de cada compañero.
 - ▶ La excentricidad de la órbita e de cada compañero.
 - ▶ La longitud del periastron $\bar{\omega}$ de cada compañero.
 - ▶ El ruido (jitter) S .
 - ▶ Una velocidad inicial v_0 .
- ▶ En total son $5k + 2$ parámetros, $\theta = (S, v_0, K_i, \omega_i, \phi_i, e_i, \bar{\omega}_i)$

$$v_{rad}(t, \theta) = v_0 + \sum_{i=1}^k e_i \sin [K_i \sin (f_i(t, \omega_i, \phi_i, e_i) + \bar{\omega}_i) + e_i \sin (\bar{\omega}_i)]$$

De vuelta al Artículo

De vuelta al Artículo

- ▶ La verosimilitud es:

De vuelta al Artículo

- La verosimilitud es:

$$\mathcal{L}(\theta) = (2\pi)^{N_{data}/2} \prod_{i=1}^{N_{data}} \left[(\sigma_i^2 + S)^{-1/2} \exp \left(-\frac{(v_i - v_{rad}(t_i, \theta))^2}{2(\sigma_i^2 + S)} \right) \right]$$

De vuelta al Artículo

- La verosimilitud es:

$$\mathcal{L}(\theta) = (2\pi)^{N_{data}/2} \prod_{i=1}^{N_{data}} \left[(\sigma_i^2 + S)^{-1/2} \exp \left(-\frac{(v_i - v_{rad}(t_i, \theta))^2}{2(\sigma_i^2 + S)} \right) \right]$$

- Donde v_i son las velocidades medidas, σ_i las incertidumbres y t_i los tiempos.

De vuelta al Artículo

- ▶ La verosimilitud es:

$$\mathcal{L}(\theta) = (2\pi)^{N_{data}/2} \prod_{i=1}^{N_{data}} \left[(\sigma_i^2 + S)^{-1/2} \exp \left(-\frac{(v_i - v_{rad}(t_i, \theta))^2}{2(\sigma_i^2 + S)} \right) \right]$$

- ▶ Donde v_i son las velocidades medidas, σ_i las incertidumbres y t_i los tiempos.
- ▶ Es una distribución normal (Gaussiana) e^{-x^2} .

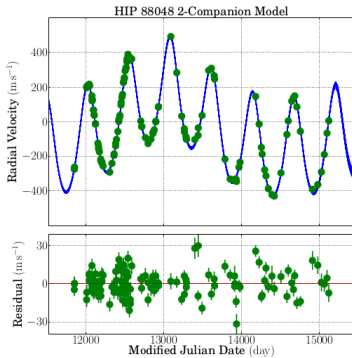
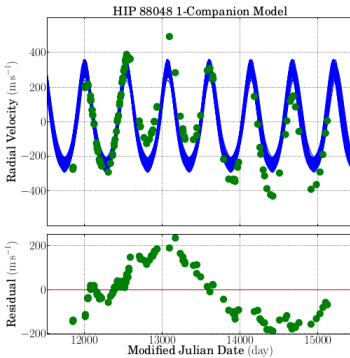
De vuelta al Artículo

- La verosimilitud es:

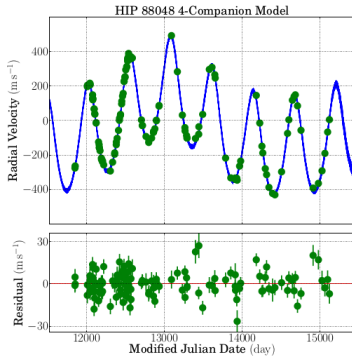
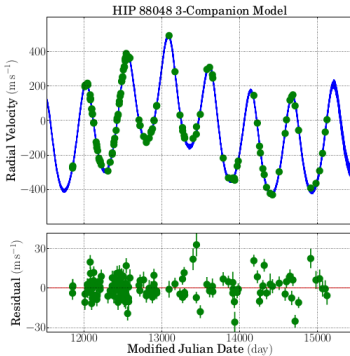
$$\mathcal{L}(\theta) = (2\pi)^{N_{data}/2} \prod_{i=1}^{N_{data}} \left[(\sigma_i^2 + S)^{-1/2} \exp \left(-\frac{(v_i - v_{rad}(t_i, \theta))^2}{2(\sigma_i^2 + S)} \right) \right]$$

- Donde v_i son las velocidades medidas, σ_i las incertidumbres y t_i los tiempos.
- Es una distribución normal (Gaussiana) e^{-x^2} .
- Con un método de MCMC es posible muestrear \mathcal{L} y buscar su máximo.

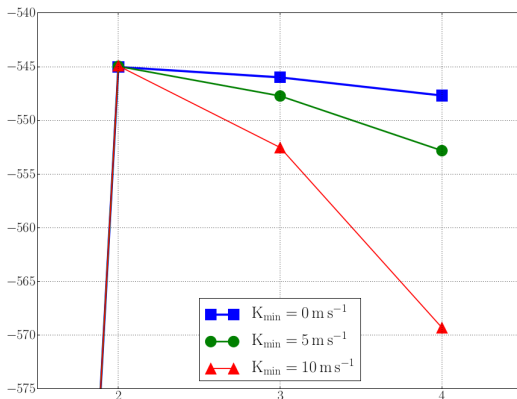
Resultados: Nu Ophiuchi



Resultados: Nu Ophiuchi



Resultados: Nu Ophiuchi



K_{\min}	1-Companion Model	2-Companion Model	3-Companion Model	4-Companion Model
0 m s^{-1}	$3.72 \pm 0.04 \cdot 10^{-356}$	$1.98 \pm 0.02 \cdot 10^{-237}$	$7.4 \pm 0.1 \cdot 10^{-238}$	$1.47 \pm 0.03 \cdot 10^{-238}$
5 m s^{-1}	$3.92 \pm 0.04 \cdot 10^{-356}$	$2.23 \pm 0.02 \cdot 10^{-237}$	$1.27 \pm 0.01 \cdot 10^{-238}$	$8.6 \pm 0.2 \cdot 10^{-241}$
10 m s^{-1}	$4.13 \pm 0.04 \cdot 10^{-356}$	$2.46 \pm 0.02 \cdot 10^{-237}$	$1.07 \pm 0.01 \cdot 10^{-240}$	$5.6 \pm 0.1 \cdot 10^{-248}$

Resultados: Nu Ophiuchi

- ▶ Los parametros que se obtuvieron para los dos compañeros son

Resultados: Nu Ophiuchi

- Los parametros que se obtuvieron para los dos compañeros son

	HIP 88048 b	HIP 88048 c
$K \text{ (m s}^{-1}\text{)}$	288.1 ± 1.3	175.8 ± 1.6
$P \text{ (day)}$	529.9 ± 0.2	3211 ± 35
$\phi \text{ (rad)}$	4.130 ± 0.032	3.859 ± 0.046
e	0.1298 ± 0.0045	0.195 ± 0.012
$\varpi \text{ (rad)}$	1.732 ± 0.032	1.768 ± 0.039
$m \sin i \text{ (} M_J \text{)}$	23.9 ± 0.6	26.3 ± 0.7
$a \text{ (AU)}$	1.86 ± 0.01	6.17 ± 0.04

Resultados: Gliese 581

Resultados: Gliese 581

- ▶ De este no hay tantas graficas en el artículo :(

Resultados: Gliese 581

- ▶ De este no hay tantas graficas en el artículo :(
- ▶ Sin embargo se calcula la verosimilitud de acuerdo al número de compañeros

Resultados: Gliese 581

- ▶ De este no hay tantas graficas en el artículo :(
- ▶ Sin embargo se calcula la verosimilitud de acuerdo al número de compañeros

$$Z_{m3} = 3.5 \pm 0.1 \cdot 10^{-288}$$

$$Z_{m4} = 2.9 \pm 0.1 \cdot 10^{-280}$$

$$Z_{m5} = 2.5 \pm 0.2 \cdot 10^{-278}$$

$$Z_{m6} = 2.1 \pm 0.2 \cdot 10^{-278}$$

Resultados: Gliese 581

- ▶ De este no hay tantas graficas en el artículo :(
- ▶ Sin embargo se calcula la verosimilitud de acuerdo al número de compañeros

$$Z_{m3} = 3.5 \pm 0.1 \cdot 10^{-288}$$

$$Z_{m4} = 2.9 \pm 0.1 \cdot 10^{-280}$$

$$Z_{m5} = 2.5 \pm 0.2 \cdot 10^{-278}$$

$$Z_{m6} = 2.1 \pm 0.2 \cdot 10^{-278}$$

- ▶ Todo parece indicar que es mas probable tener entre 5 y 6 compañeros.

Discusión y Conclusiones

Discusión y Conclusiones

- ▶ Se probó que este método permite obtener resultados bastante razonables y funciona bastante rápido.

Discusión y Conclusiones

- ▶ Se probó que este método permite obtener resultados bastante razonables y funciona bastante rápido.
- ▶ Su estimación de el número de compañeros de Nu Ophiuchi es correcta.

Discusión y Conclusiones

- ▶ Se probó que este método permite obtener resultados bastante razonables y funciona bastante rápido.
- ▶ Su estimación de el número de compañeros de Nu Ophiuchi es correcta.
- ▶ Gliese 581 parece tener entre 5 y 6 compañeros, cosa que hace interesante de nuevo la discusión.

Discusión y Conclusiones

- ▶ Se probó que este método permite obtener resultados bastante razonables y funciona bastante rápido.
- ▶ Su estimación de el número de compañeros de Nu Ophiuchi es correcta.
- ▶ Gliese 581 parece tener entre 5 y 6 compañeros, cosa que hace interesante de nuevo la discusión.
- ▶ Sin embargo los dos estan muy cerca, entonces no es posible definir cuantos compañeros tiene.

Proximamente...

Proximamente...



ANSWERING YOUR HYPOTHETICAL QUESTIONS, EVERY TUESDAY.

<http://what-if.xkcd.com/>

Proximamente...



ANSWERING YOUR HYPOTHETICAL QUESTIONS, EVERY TUESDAY.

<http://what-if.xkcd.com/>

¿Que tan cerca hay que estar de una supernova para recibir una dosis letal de neutrinos?