

Возможные спутники у визуально-двойной звезды ADS 9346=WDS 14410+5757

О.В.Кияева, М.Ю.Ховричев
Пулковская обсерватория

В позиционных ПЗС наблюдениях на 26" рефракторе Пулковской обсерватории 2003-2019гг у звезды ADS 9346 обнаружено возмущение, которое можно объяснить присутствием невидимого спутника малой массы у компонента А. Определена предварительная орбита фотоцентра звезды ADS 9346А ($P=15$ лет, $a=11$ мсд, $e=0.86$). Согласно фотометрическим оценкам масса видимого компонента 1.2 массы Солнца. Если принять параллакс из каталога Gaia, то спутник с массой 0.13 солнечной находится на расстоянии $7a.e.$ Эта орбита подтверждается независимыми наблюдениями лучевой скорости. При прохождении периастра ($T=2009.5$) было много позиционных наблюдений, но отсутствовали наблюдения лучевой скорости, которые могли бы уверенно подтвердить или опровергнуть наличие данного спутника. Следующее прохождение периастра ожидается вблизи 2024 года (2023-2025). Данные Gaia позволяют предположить, что есть спутник и у компонента В.

Данные о двойной звезде ADS 9346 согласно Gaia EDR3.

Comp	Par, mas	$PM_{\alpha} \cdot \cos \delta$, mas	PM_{δ} , mas	Gmag	VR(DR2), km/c	Mass, Sun
A	17.838 ± 0.016	137.130 ± 0.019	-162.943 ± 0.021	7.206	-14.15 ± 0.12	1.21
B	17.872 ± 0.043	143.015 ± 0.049	-170.490 ± 0.052	8.187	-	1.05

Важно: Параллакс звезды В определен гораздо хуже, чем у звезды А.
Лучевая скорость В не определена.

Использовались:

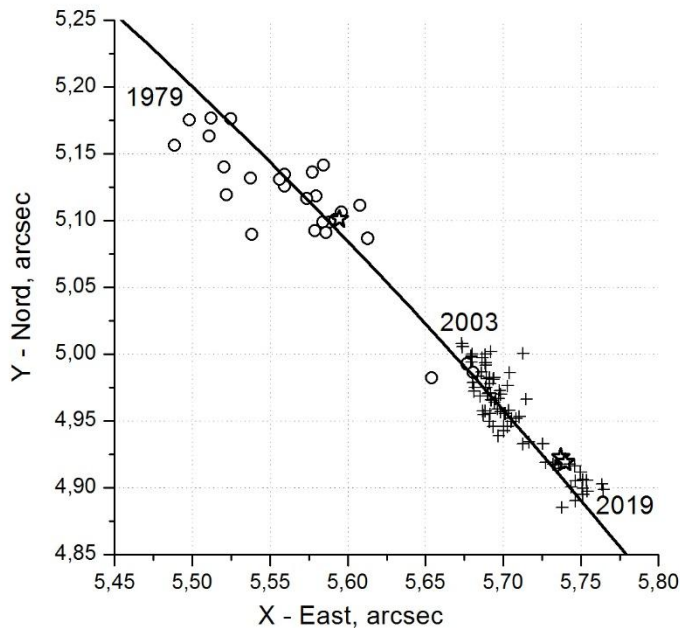
Позиционные наблюдения

- 1) Ряд ПЗС наблюдений на 26-дюймовом рефракторе Пулковской обсерватории 2003-2019 гг (77 серий). Средняя случайная ошибка 1 серии: 3mas.
- 2) Наблюдения Hipparcos, Gaia DR2 и Gaia EDR3.

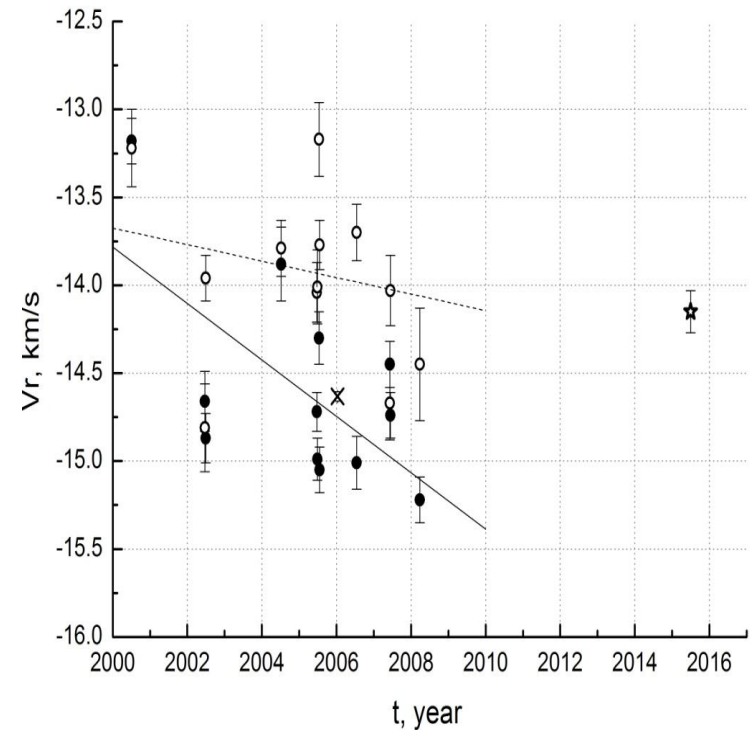
Спектроскопические наблюдения

- 1) Ряд наблюдений 2000-2008 гг на 1м телескопе Симеизской обсерватории (ИЛС конструкции Токовина) [1].
- 2) Наблюдение на телескопе Хобби-Эберли ($t=2006.03$, $VR_A=-14.632 \pm 0.027$ км/с) [2].
- 3) Наблюдение Gaia DR2 ($t=2015.5$)

Характеристика наблюдений



Фотографические (1979-2005) и ПЗС (2003-2019) наблюдения на 26-дюймовом рефракторе Звездочки – Hipparcos, Gaia DR2 и Gaia EDR3. Линия – эфемерида внешней орбиты.



Наблюдения лучевой скорости на ИЛС компонента А (черные точки), В (открытые кружки), звездочка - Gaia, крест - Хобби-Эберли. Линии обозначают тренд на интервале 2000-2008 гг.

$$\dot{V}r_A = -0.16 \pm 0.06 \text{ км/с/год}$$

$$\dot{V}r_B = -0.05 \pm 0.06 \text{ км/с/год}$$

Более массивный компонент движется быстрее, чем менее массивный. —> Возможен спутник у звезды А.

Определение орбиты фотоцентра компонента А по ПЗС наблюдениям

Определяем МНК параметры движения звезды в момент $t_0 = 2010.0$:

$$x = x_0 + \dot{x}(t - t_0) + \ddot{x}(t - t_0)^2/2 + BX + GY$$

$$y = y_0 + \dot{y}(t - t_0) + \ddot{y}(t - t_0)^2/2 + AX + FY$$

$$x = \rho \sin \theta, \quad y = \rho \cos \theta, \quad X = \cos E - e, \quad Y = (1 - e^2)^{1/2} \sin E$$

Элементы Тиле-Иннеса $A, B, F, G = f(a, i, \omega, \Omega)$

Период $P = 15.0 \pm 0.5$, эксцентриситет $e = 0.86 \pm 0.01$, момент прохождения через периастр $T = 2009.5 \pm 0.1$ подобраны. Ошибки соответствуют шагу перебора.

Критерий – согласие с наблюдениями лучевой скорости в пределах доверительных интервалов: $(O - C)_{2006.0} = +0.005 \text{ км/с}$, $(O - C)_{2015.5} = -0.08 \text{ км/с}$

Параметры движения внешней пары:

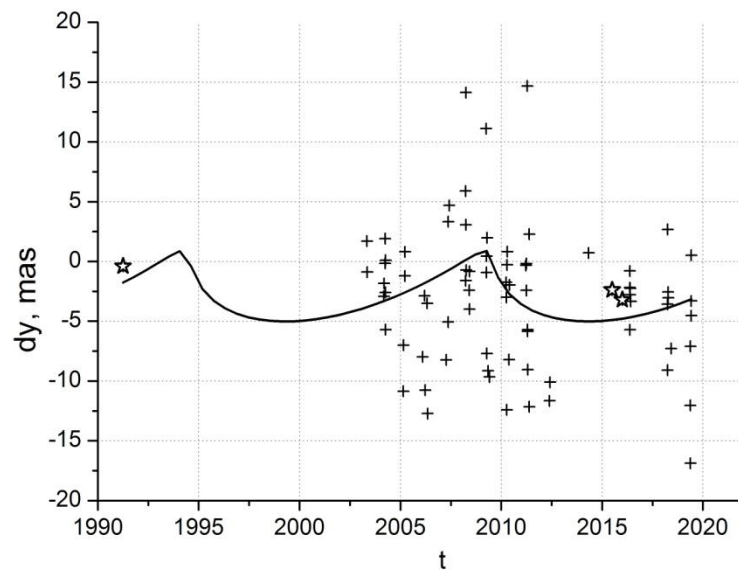
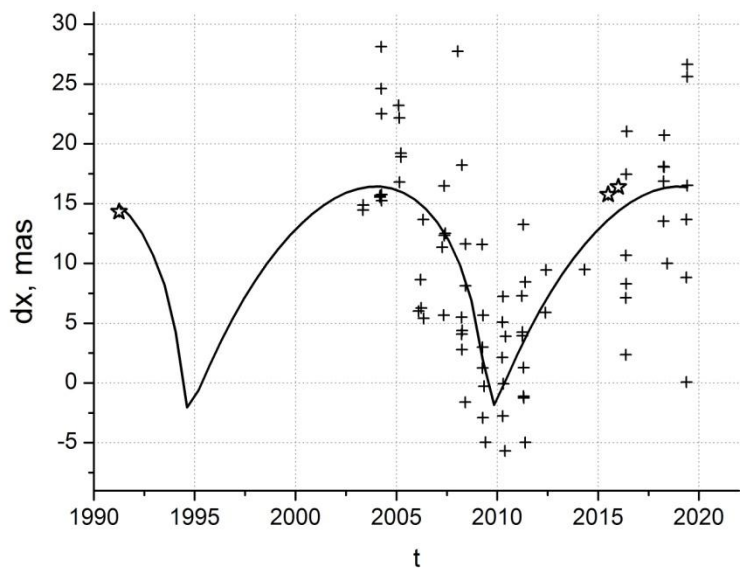
$$x_0 = 5695.1 \pm 1.3 \text{ mas}, \quad \dot{x} = 5.07 \pm 0.14 \text{ mas/yr}, \quad \ddot{x} = -0.11 \pm 0.03 \text{ mas/yr}^2$$

$$x_0 = 4960.3 \pm 1.3 \text{ mas}, \quad \dot{x} = -6.63 \pm 0.17 \text{ mas/yr}, \quad \ddot{y} = -0.97 \pm 0.03 \text{ mas/yr}^2$$

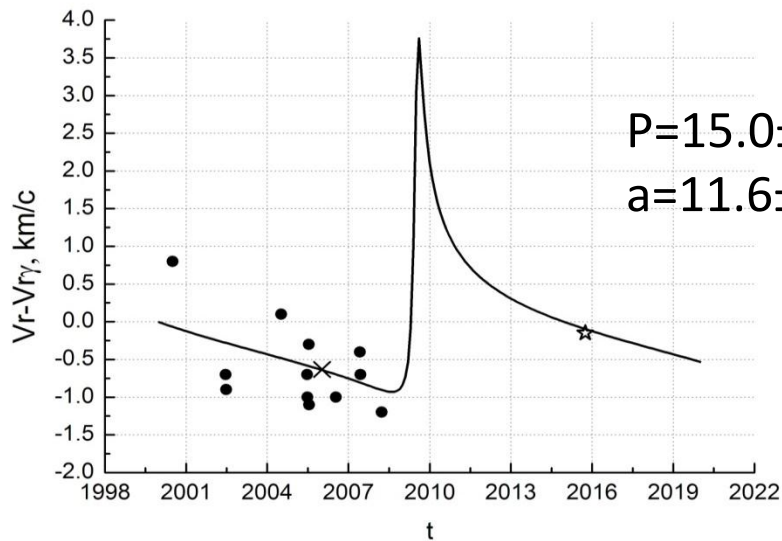
Параметры движения фотоцентра:

$$B = -8.33 \pm 1.30 \text{ mas}, \quad A = 2.39 \pm 1.51 \text{ mas}, \quad G = -7.97 \pm 1.72 \text{ mas}, \quad F = -3.41 \pm 2.01$$

Сравнение орбиты фотоцентра с наблюдениями.



A, B, F, G $\longrightarrow$ a, i, ω , Ω



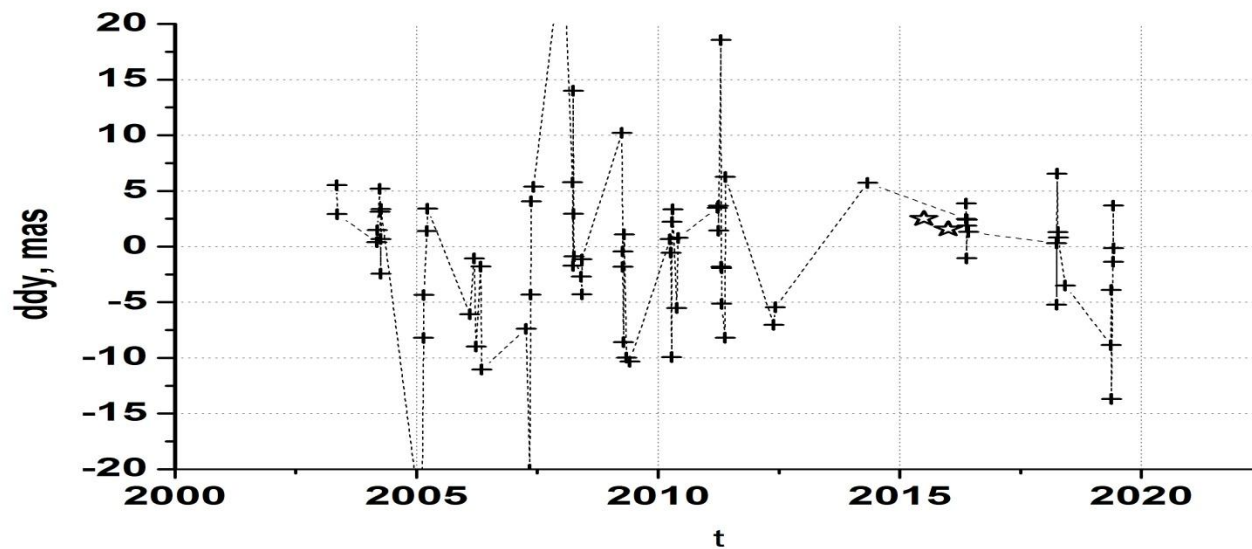
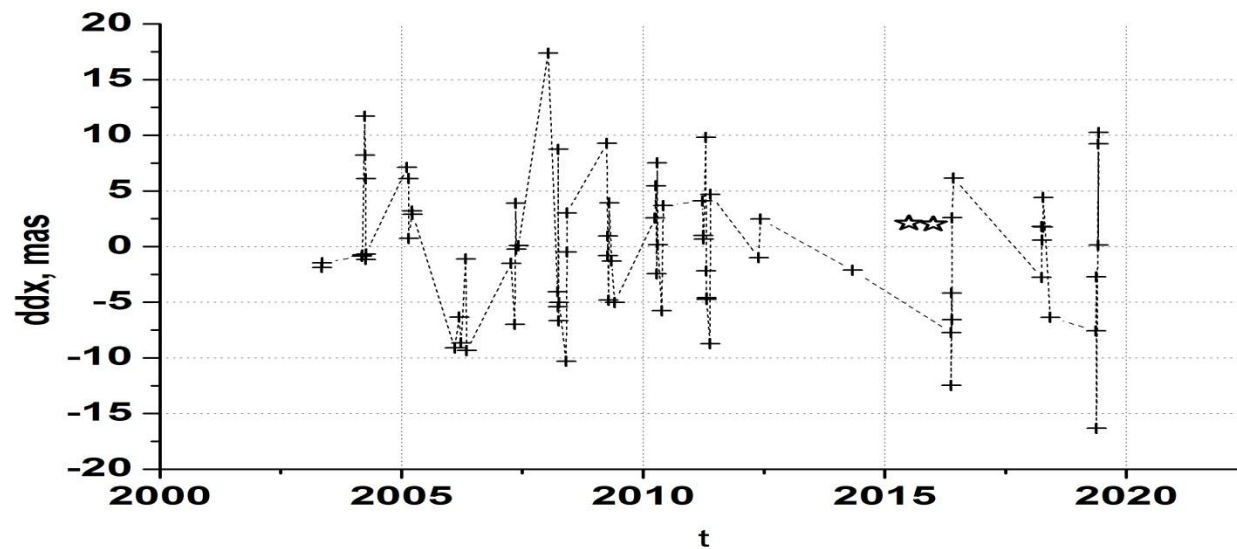
Орбита фотоцентра

$P=15.0\pm0.5\text{yr}$, $T=2009.5\pm0.1$, $e=0.86\pm0.01$,
 $a=11.6\pm2.5\text{mas}$, $\omega=315\pm22^\circ$, $i=111\pm22^\circ$, $\Omega=266\pm21^\circ$

Если $M_A=2.21\text{ Sun}$, то $M_a\geq0.129\text{ Sun}$

**Движение спутника вдоль линии
узлов проявляется в направлении x.**

Невязки ПЗС наблюдений после учета спутника

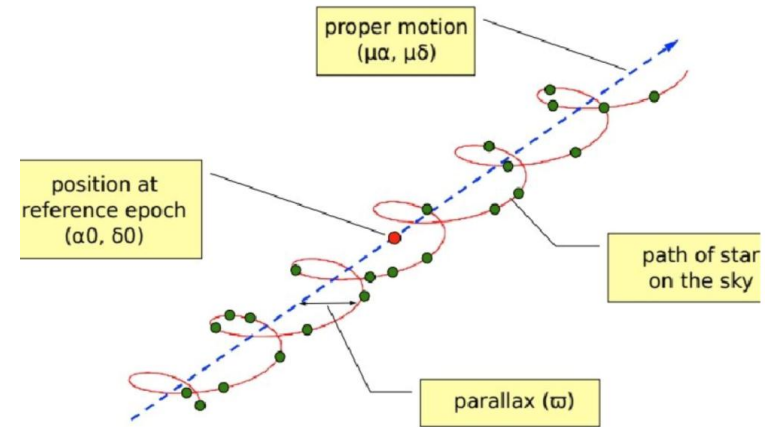


Данные Gaia, подтверждающие возможное существование спутников у компонентов А и В

Пятипараметрическая модель движения фотоцентра в Gaia EDR3:
 $RA(T), DEC(T), PMRA, PMDEC, PLX$

(положение на среднюю эпоху, собственные движения и параллакс)

Стандартные ошибки каждого наблюдения в Gaia сравниваются с итоговой точностью определения астрометрических параметров.



«Качество согласованности» определяется посредством параметра `astrometric_excess_noise_sig`. Если `astrometric_excess_noise_sig` > 2, то можно говорить о «несогласии» пятипараметрической модели с наблюдениями.

Для компонентов ADS9346:

`astrometric_excess_noise_sig_A` = 12.67252

`astrometric_excess_noise_sig_B` = 142.8254

- 1) *Для обоих компонентов возможно отклонение в движении фотоцентра от модели линейного движения фотоцентра.*
- 2) *Распределение энергии в спектре показало инфракрасный избыток у А.*

Выводы

- Получена предварительная орбита спутника с ориентировочным периодом 15 лет и с большим эксцентриситетом у компонента А.
- Возмущения в позиционных наблюдениях отражаются в независимых фотографических и ПЗС наблюдениях.
- Для подтверждения необходимы наблюдения лучевой скорости вблизи периастра в 2022-2025 гг.
- Вероятно, имеется короткопериодический спутник у компонента В, орбиту которого мы определить не можем.

Данная работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 19-02-00843 А и 20-02-00563 А, а также частично поддержана грантом 075-15-2020-780 правительства Российской Федерации и министерства Высшего образования и Науки.