

Δμ-двойные среди маломассивных карликов в эпоху Gaia

Куликова Агриппина
ГАО РАН, Санкт-Петербург

Проблемы карликов

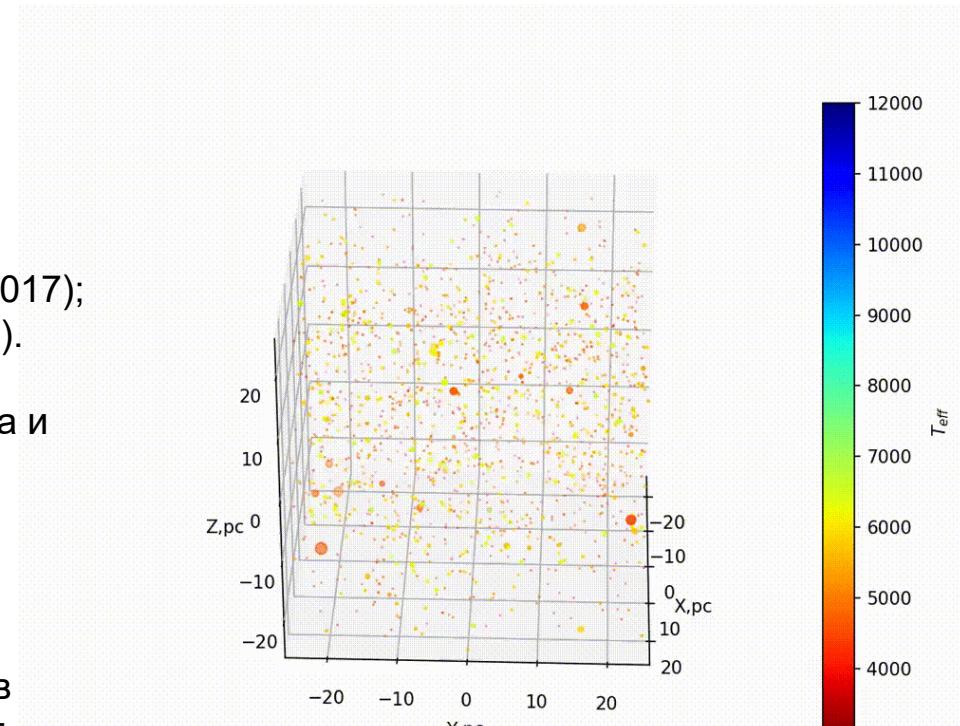
Ближайшее Солнечное окружение:

- Зеновине и др, 2015;
- Сендерс, Бинней, 2015;
- RECONS (Ридел и др, 2014; Уинтерс и др., 2017);
- MEarth (Диттманн, 2014; Диттман и др., 2017).

Физические модели карликов: Торрес, 2013; Спада и др., 2013.

- “масса-светимость” (Бенедикт и др, 2016)
- “масса-радиус” (Жоу и др, 2014)

Хорошее согласие: 1-3 масс Солнца, для карликов (ниже 1 массы Солнца) надежных теорий пока нет.
(Спада и др, 2013)



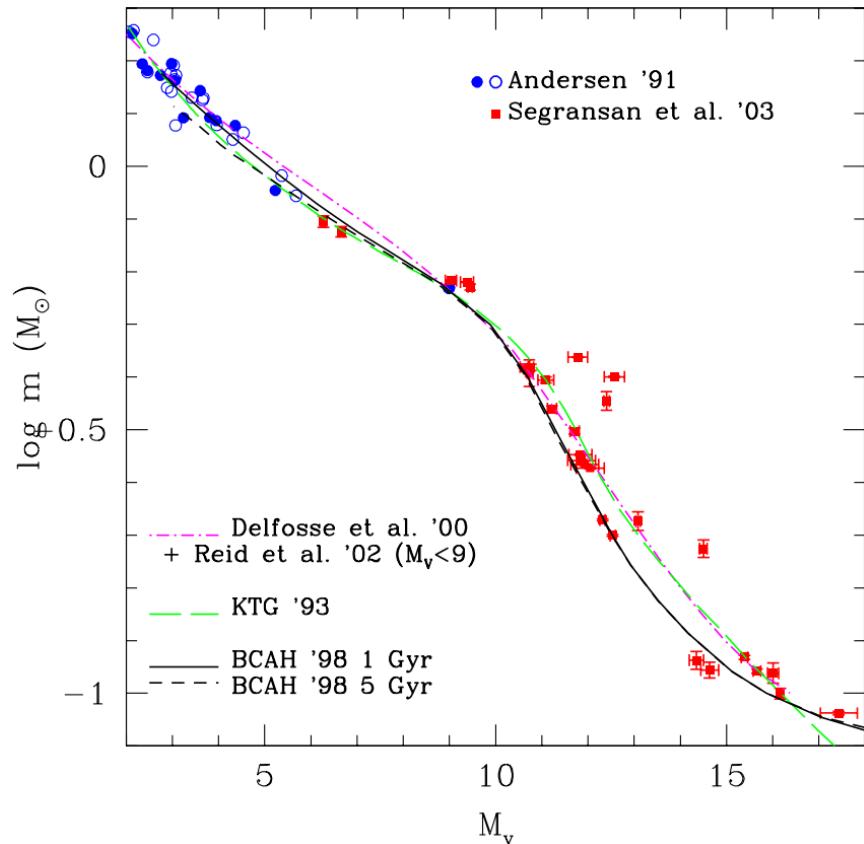
Проблемы карликов

Шабрие и др., 2005:

- Сложность построения физических моделей звёзд класса M и более поздних.
- Коричневые карлики излучают до 90% своей энергии в ИК полосах.
- Проблема надежного определения радиусов звёзд.
- Трудность с наблюдениями звёзд класса M5 и более поздних.

ФМ на границе “звезды - коричневые карлики”, космогонические модели (Тис и др., 2015).

Массы карликов (Кортес и др., 2015; Опитьц и др., 2016).



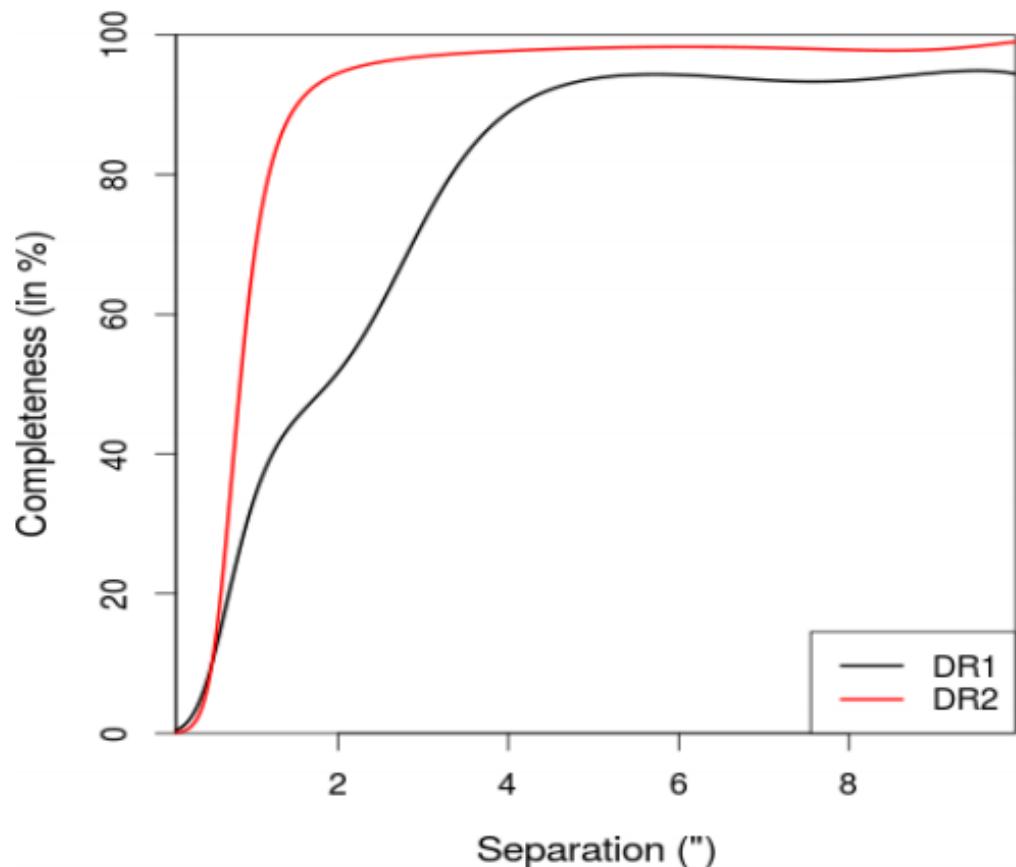
Согласие теоретических моделей аналога зависимости “масса - звёздная величина” с наблюдаемыми данными (Шабрие и др., 2005).

Трудности Gaia

Неполнота выборки

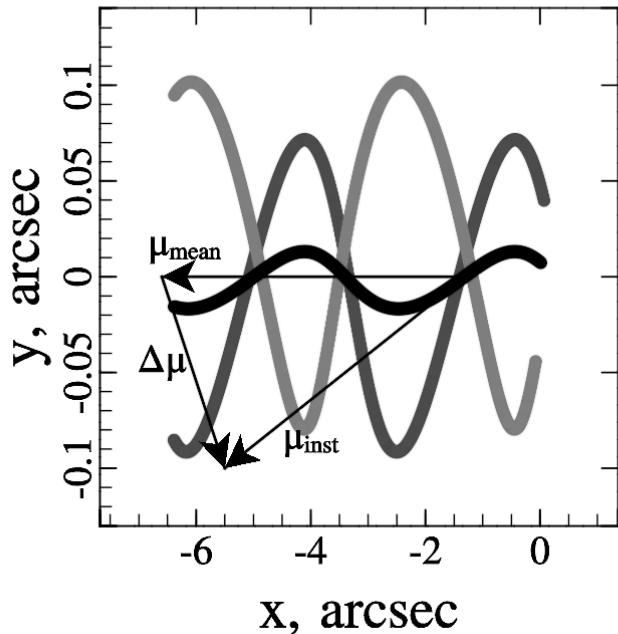
Кросс-идентификация для быстрых ($\mu > 100$ mas/yr) звезд
Ограничения на ориентацию и периоды орбит (фотометрический метод, время работы 5-6 лет)

- Арно и др., 2018;
- Линдерген и др., 2018

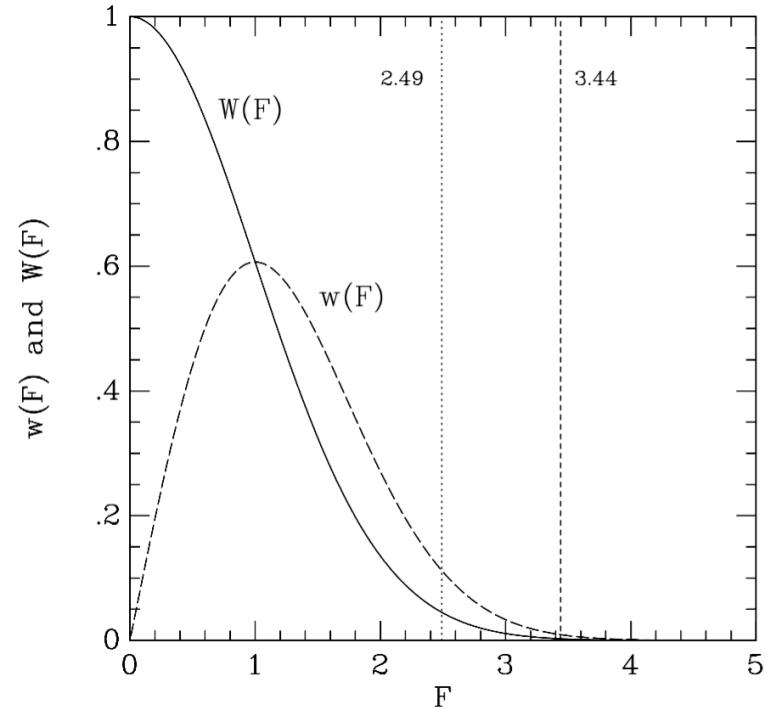


Полнота (%) визуальных двойных звёзд из каталога WDS в зависимости от разделения между компонентами (WDS), детектируемых в ходе миссии Gaia. Gaia DR1 (чёрный), Gaia DR2 (красный).

Метод поиска двойных



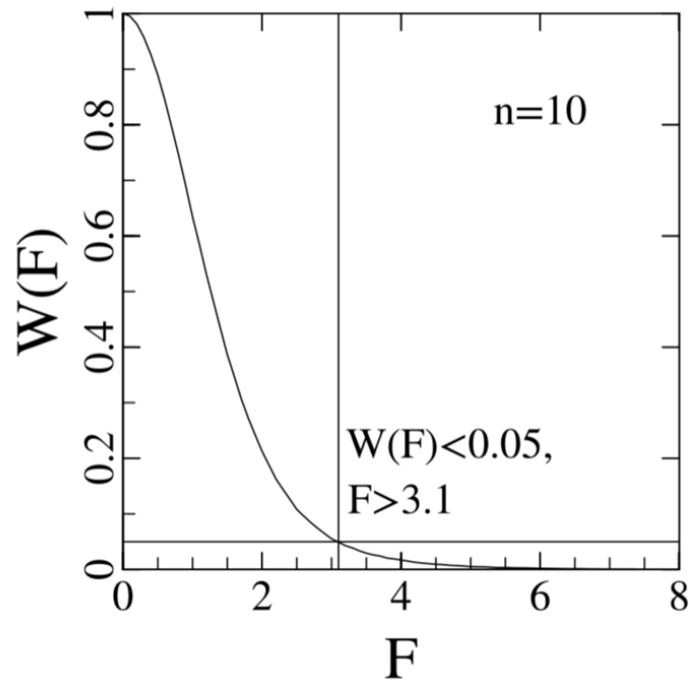
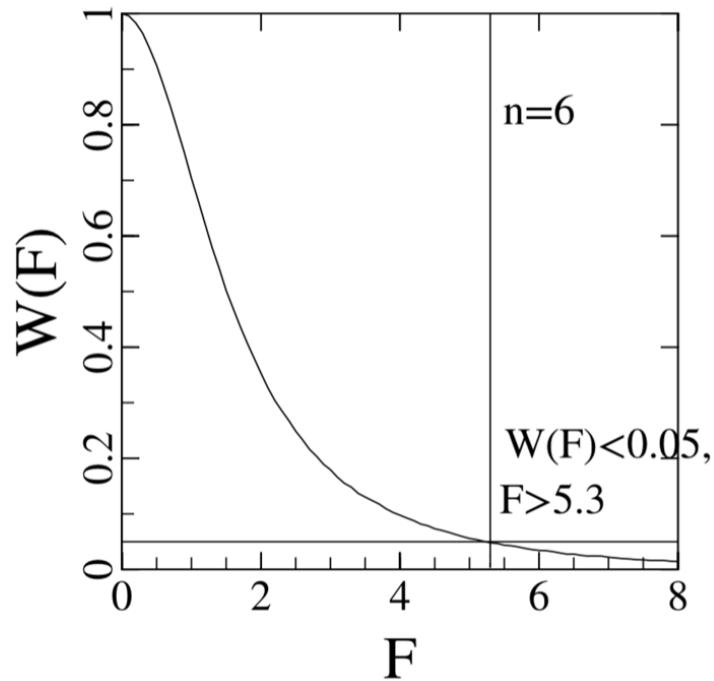
$$F^2 = \left(\frac{\Delta\mu_\alpha \cos \delta}{\varepsilon_{\mu_\alpha}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta\mu_\delta}{\varepsilon_{\mu_\delta}} \right)^2$$



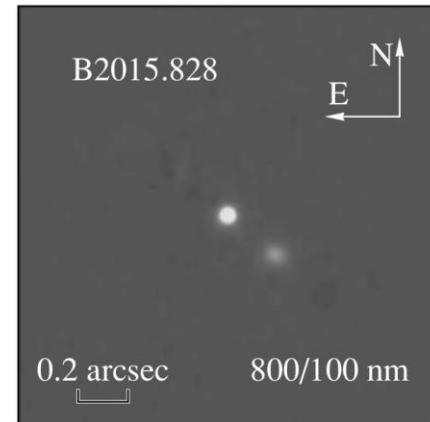
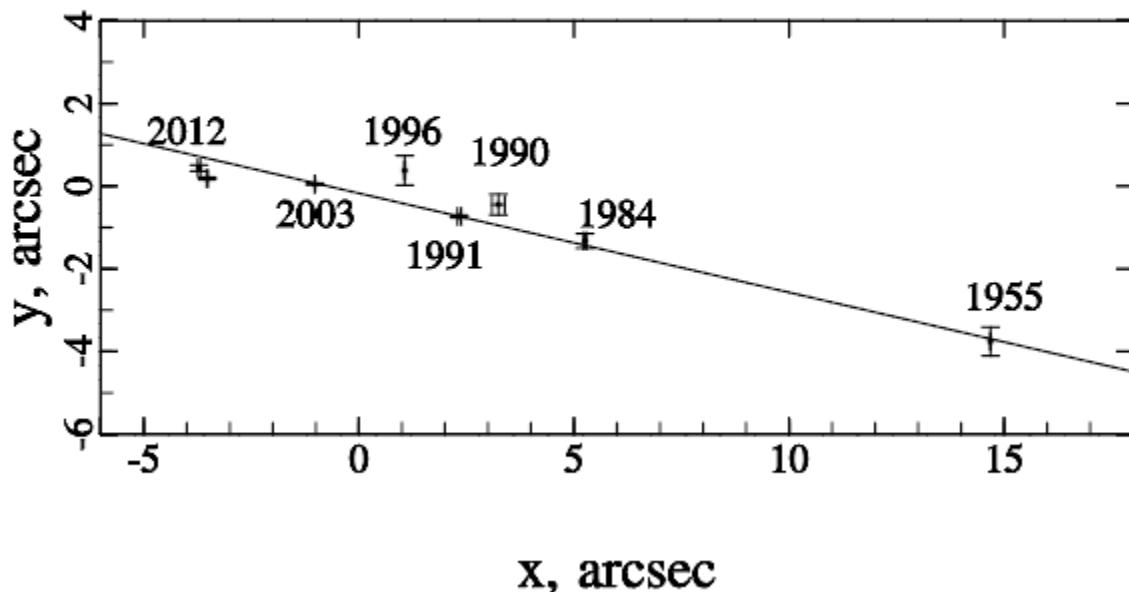
Звезды Hipparcos и Tycho-2
Ранняя эпоха - FK5

Р. Вилен и др, 1999

Пулковская адаптация метода



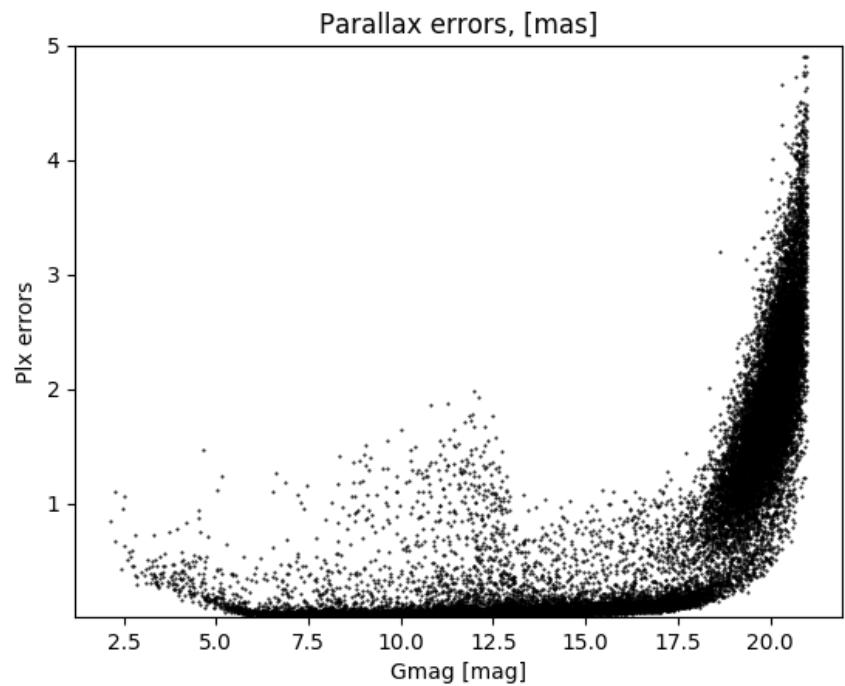
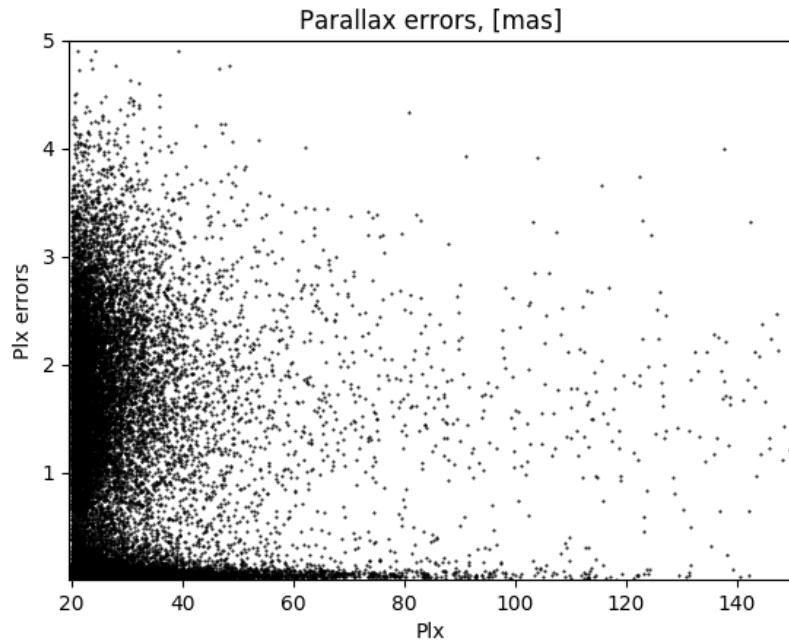
Пулковские исследования двойных



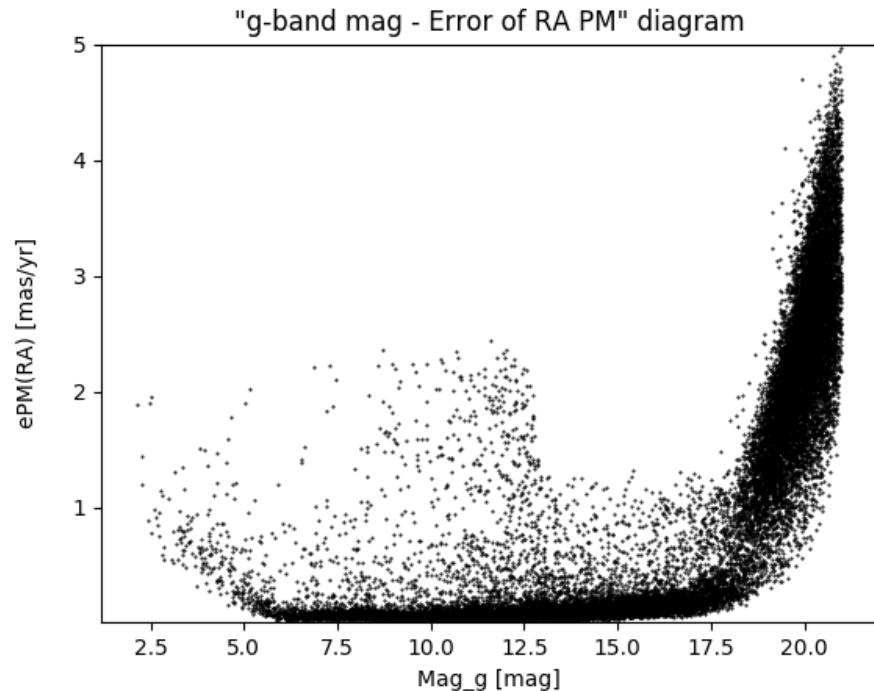
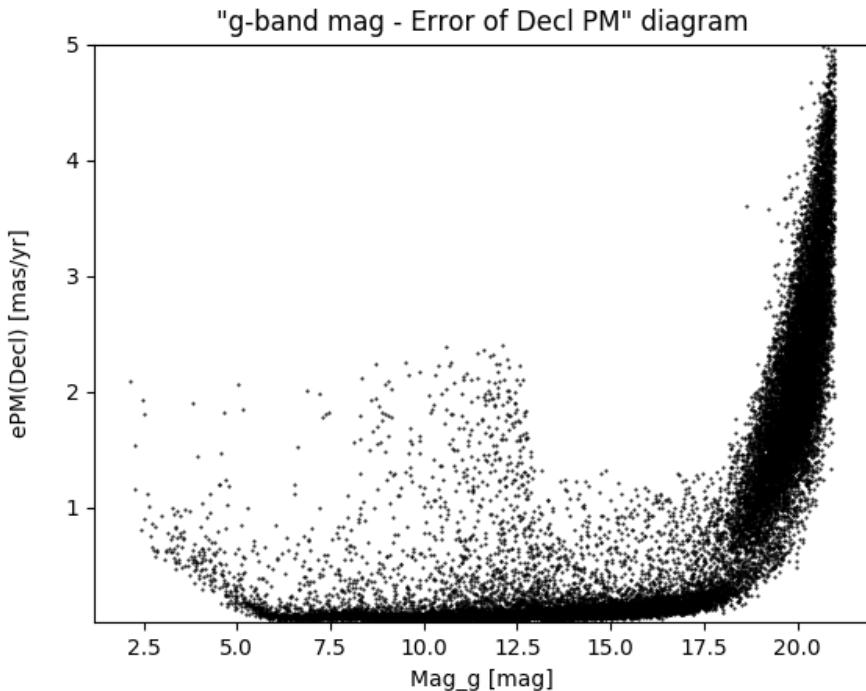
Результаты: 121 кандидат, 3 подтверждены, 20 исследуются на БТА САО РАН и ГКО ГАИШ ГАИШ МГУ. (Ховричев, Куликова, 2015; Ховричев и др., 2016)

Новые перспективы с Gaia DR2

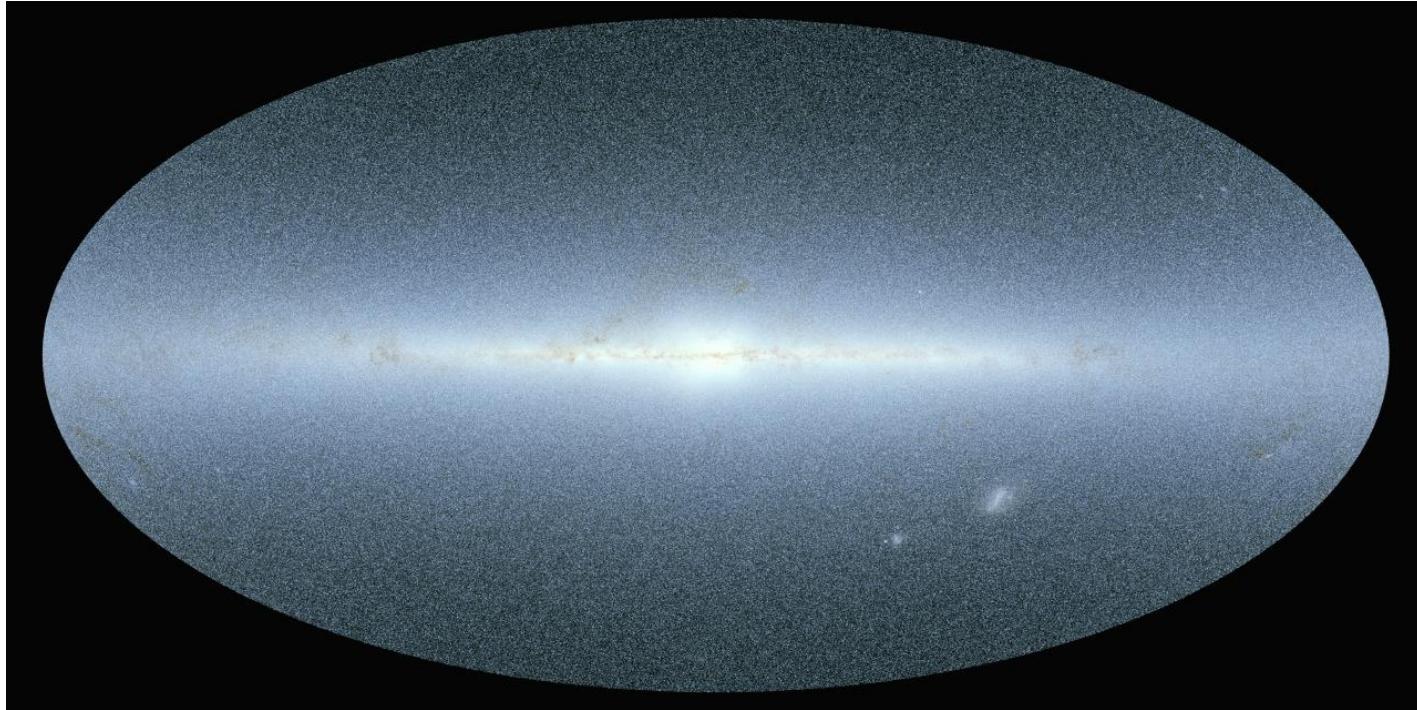
Ближайшие 50 пк: 25944 звезды с π



Собственные движения Gaia DR2

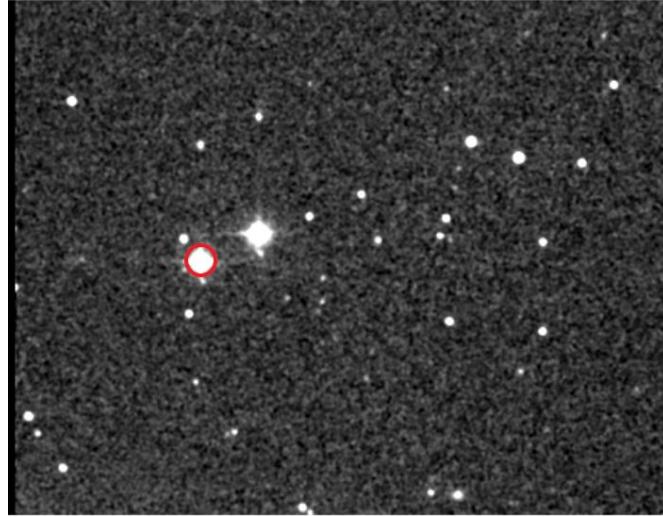


2MASS



<https://irsa.ipac.caltech.edu/Missions/2mass.html>

J0743+5109E



	PM RA [mas/yr]	PM Decl [mas/yr]	mag
J	-93.63044	-634.83721	9.327
Ks	-91.08524	-635.31813	8.744
H	-96.00452	-641.71336	8.497
Unit weight errors = 0.047, 0.060 arcsec			

Gaia DR2 982674365408534400

	PM [mas/yr]	Er [mas/yr]
RA	-99.588	0.061
De	-637.697	0.047

2MASS 07430460+5109239

	PM [mas/yr]	Er [mas/yr]
RA	-93.5734	3.5
De	-637.2895	5.4

F=1.08 по ср знач
F=1.25 по невязкам

2MASS: 2000.0
Gaia DR2: 2015.5
 $\Delta t=15.5$ yr

Выводы

- Есть основания думать, что принятая во многих работах зависимость "масса-доля двойных" не отвечает реальности. Маломассивных двойных оказывается больше, чем ожидалось.
- Нами разработан и успешно применен метод поиска астрометрических двойных, основанный на анализе собственных движений.
- Мы готовы начать всенебесный поиск с помощью Gaia-2MASS. Для объектов, которые будут обнаружены будут предприняты дополнительные исследования, включая наблюдения в Пулковской обсерватории и поиск изображений на старых астронегативах.

Спасибо за внимание!

- Алам и др. (Sh. Alam, F.D. Albareti, C. Allende Prieto, et al.), eprint arXiv: 1501.00963 (2015).
- ван Альтен и др. (W.F. van Altena, J.T. Lee, and E.D. Hoffleit), The General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes (Yale Univ. Observ., New Haven, 1995).
- Арно и др. (F. Arenou , X. Luri , C. Babusiaux et al.) A&A, manuscript no. GAIA-CS-CP-OPM-FA-079 (2018)
- Балега и др. (I. I. Balega, Yu. Yu. Balega, L. T. Gasanova, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov, E. V. Malogolovets, D. A. Rastegaev, and Z. U. Shkhagosheva), Astrophys. Bull. 68, 53 (2013).
- Бенедикт и др. (G.F. Benedict, T.J. Henry, O. G. Franz, B.E. McArthur, L.H. Wasserman, Jao Wei-Chun, P. A. Cargile, S.B
- Вилен и др. (R. Wielen, C. Dettbarn, H. Jahreiss, H. Lenhardt, and H. Schwan), Astron. Astrophys. 346, 675 (1999).
- Грошева (E.A. Grosheva), Astrophysics 49, 397 (2006).
- Данн (R.B. Dunn, H. Hugues, and W.J. Luyten), Astron. J. 60, 274 (1955).
- Диттманн и др. (J.A. Dittmann, J.M. Irwin, D. Charbonneau, and Z.K. Berta-Thompson), Astrophys. J. 784, 156 (2014).
- Диттман и др. (J.A. Dittmann, J.M. Irwin, D. Charbonneau, Z.K. Berta-Thompson, E.R. Newton, D.W. Latham, Ch.A. Latham, G. Esquerdo, P. Berlind, and M.L. Calkins), Astron. J. 836, id. 124 (2017).
- Жоу и др. (G. Zhou, D. Bayliss, J.D. Hartman, G.A. Bakos, K. Penev, Z. Csubry, T.G. Tan, A. Jordan, et al.), MNRAS 437, 2831 (2014).
- Зеновине и др. (R. Zenoviene, G. Tautvaišiene, B. Nordström, E. Stonkut, and G. Barisevičius), Astron. Astrophys. 576, A113 (2015).

- Измайлов и др. (I.S. Izmailov, M.L. Khovritcheva, M.Yu. Khovritchev, et al.), *Astron. Lett.* 36, 349 (2010).
- Кортес и др. (M. Cortes Contreras, J. A. Caballero, V. J. S. Bejar, et al.), in *Proceedings of the 18th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun*, Lowell Observ., Phoenix, AZ, June 8–14, 2014 (2015).
- Кутри и др. (R.M. Cutri, M.F. Skrutskie, S. van Dyk, C.A. Beichman, J.M. Carpenter, T. Chester, L. Cambresy, T. Evans, et al.), *The IRSA 2MASS All-Sky Point Source Catalog*, NASA/IPAC Infrared Science Archive; <http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/Gator/> (2003).
- Ласкер и др. (B.M. Lasker, G.R. Greene, M.J. Lattanzi, et al.), *Astrophysics and Algorithms: a DIMACS Workshop on Massive Astronomical Data Sets* (1998).
- Лейтен (W.J. Luyten), *New Luyten catalogue of stars with proper motions larger than two tenths of an arcsecond; and first supplement; NLTT*. Minneapolis (1979).
- Линдерген и др. (L. Lindegren, J. Hernández , A. Bombrun et al.), *A&A*, manuscript no. DR2-Astrometry (2018)
- Опitz и др. (D. Opitz, C. G. Tinney, J. K. Faherty, S. Sweet, C. R. Gelino, and J. D. Kirkpatrick), *Astrophys. J.* 819, 17 (2016).
- Райт и др. (E.L. Wright, P.R.M. Eisenhardt, A.K. Mainzer, M.E. Ressler, R.M. Cutri, T. Jarrett, J.D. Kirkpatrick, D. Padgett, et al.), *Astrophys. J.* 140, 1868 (2010).
- Ридел и др. (A.R. Riedel, Ch.T. Finch, T.J. Henry, J.P. Subasavage, W.-C. Jao, L. Malo, D.R. Rodriguez, R.J. White, et al.), *Astron. J.* 147, 85 (2014).

- Сафонов и др. (B. Safonov, P. Lysenko, N. Shatskii, M. Turchenko, and V. Rybakovskii), Speckle Polarimeter for the 2.5-m Telescope: Design and Alignment (Moscow, 2015) [in Russian].
- Сафонов и др. (B. Safonov, A. Dodin, and O. Vozyakova), Determining the Angular Scale and Orientation of the Speckle-Polarimeter Detector (Moscow, 2016) [in Russian].
- Сендерс, Бинней (J. Sanders and J. Binney), MN-RAS 449, 3479 (2015).
- Спада и др. (F. Spada, P. Demarque, Y.-C. Kim, and A. Sills), Astrophys. J. 776, 87 (2013).
- Тис и др. (I. Thies, J. Pflamm-Altenburg, P. Kroupa, and M. Marks), Astrophys. J. 800, 72 (2015).
- Торрес (G. Torres), Astron. Nachr. 334, 4 (2013).
- Уинтерс и др. (J.G. Winters, R.A. Sevrinsky, Wei-Chun Jao, T.J. Henry, A.R. Riedel, J.P. Subasavage, J.C. Lurie, P.A. Ianna, and C.T. Finch), Astron. J. 153, id. 14 (2017).
- Ховричев и др. (M.Yu. Khovritchev, I.S. Izmailov, and E.V. Khrutskaya), MNRAS 435, 1083 (2013).
- Ховричев М.Ю., Куликова А.М., Письма в Астрон. журн. 41, 896 (2015) [M.Yu. Khovritchev and A.M. Kulikova, Astron. Lett 41, 833 (2015)].
- Ховричев М.Ю., Куликова А.М., Соков Е.Н. и др., Письма в Астрон. журн. 42, 754 (2016) [M.Yu. Khovritchev et al., Astron. Lett. 42, 686 (2016)].
- Хруцкая Е.В., Бережной А.А., Ховричев М.Ю., Письма в Астрон. журн. 37, 458 (2011) [E.V. Khrutskaya et al., Astron. Lett. 37, 420 (2011)].
- Шабрие и др. (G. Chabrier , I. Baraffe , F. Allard and P.H. Hauschildt), ASP Conference Series, Vol. TBA, (2005).