



İlham NASIROGLU¹

Yücel KILIÇ¹

Agnieszka SLOWIKOWSKA² Krzysztof GOZDZIEWSKI³

1. Atatürk Üniversitesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü, Erzurum
2. Zielona Gora Üniversitesi, Astronomi Bölümü, Zielona Gora, Polonya
- 4..Nicolaus Copernicus Üniversitesi, Astronomi Bölümü , Torun, Polonya

Keşif için Kullanılan Yöntemler

- Dikine (Radyal) Hız (veya Doppler hızı)
- Geçiş (Transit)
- Doğrudan Görüntüleme (Kızılötesi)
- **Zamanlama (Timing)**
- Kütle Çekimsel Mikromercek
- Konumölçüm (Astrometri) yöntemidir.

Dikine (Radyal) Hız (veya Doppler hızı)

Son 20 yılda Güneş benzeri yıldızların etrafında dolanan yüzlerce gezegenin büyük çoğunluğu uluslar arası “**dikine hız**” programları ile keşfedildi.

- **HARPS** (the High Accuracy Radial velocity Planetary Search project)
- **APPS** (the Anglo-Australian Planet Search)
- Bu programlar hem düşük dikine hızların algılanabilmesi hem de daha uzun gözlemsel verilerin erişimine olanak sağlanması için kullanılmaktadır.
- **Dikine hız yöntemi ile hassas tayfölçerler kullanılarak gezegeni olan bir yıldızın dikine hızındaki küçük düzenli değişimler araştırılır.**
- Bu düzenli değişimler ölçülerek gezegenin kütlesi ile yörüngesinin eğimi hesaplanabilir.

Mayor ve ark. 2009, Wittenmyer ve ark. 2012

Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler (Ötegezegenler)

Geçiş (Transit)

Bakış açımıza göre bir gezegenin bağlı olduğu yıldızın önünden geçerken örtülmeden dolayı neden olduğu yıldızın parlaklığındaki küçük düzenli ışık değişimlerinin ölçüldüğü bir yöntemdir

- Çok hassas ışıkölçerler ile gözlem yapılmakta
- Gezegenlerin fiziksel boyutları hakkında bilgiler verir

Yer-tabanlı gözlemlere

- **WASP** (Wide Angle Search for Planets)
- **HAT** (Hungarian Automated Telescopes)

projeleri öncülük etmektedir.

KEPLER uydusu (0.95 m, NASA) bugüne kadar **150**'ye yakın varlığı kanıtlanmış gezegen ve 2700'den fazla aday gezegen ile başarısını kanıtlanmıştır.

(Burke ve ark. 2014, Smith ve ark. 2012, Howard ve ark. 2012, Doyle ve ark. 2011).

Zamanlama (Timing)

“Zamanlama” gözlemleri → bazı çift yıldız sist. etrafında gezegenlerin varlığına dair kanıt (Lee ve ark. 2009).

KEPLER → Geçiş yöntemi → Çift yıldız sistemi etrafında gezegen keşfi
(Doyle ve ark. 2011).

Yöntem:

Çift yıldız sistemlerindeki iki yıldızın birbirlerini örtme zamanlarında gözlenen periyodik değişimin **Işık-Zaman Etkisi (LTE: Light Time Effect)** olgusundan yola çıkarak yapılan hesaplamalar.

Uygulama alanı:

- Katakлизмik Değişenler (CV)
- Beyaz Cüce ve Roche şişimini dolduran M sınıfı yıldızlardan oluşan etkileşen çift yıldız sistemleri (**PCEBs**: Ortak Zarf Sonrası Çift Yıldızlar) gibi

Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler (Ötegezegenler)

Zamanlama (Timing)

- Gözlenen ve hesaplanan tutulma zamanları arasındaki farklar
(**O-C: Observed – Calculated**)
 - doğrusal ışık elemanlarıyla (lineer efemeris) irdelenir
 - kalan artıkları (residual) çevrimsel yapıları değişimler gösterir.

Bu değişimler

- Gezegenlerin etrafında dolandığı çift yıldız sistemine yaptığı **kütle çekimsel etkisi sonucu sistemdeki yıldızların birbirlerini örtmesi sırasında sistemin ışığının bize biraz daha geç veya erken gelmesinden kaynaklanır.**
- Bu Işık-Zaman Etkisi ölçülebilir olup bu türden çift yıldız sistemlerinde gezegen olup olmadığını araştırmak için kullanılabilir

(Horner ve ark. 2012b; Marsh ve ark. 2014).

İncelenecek Kaynaklar

- Her gözlem dönemi için **2–3 örtülme gözlemek yeterli olmaktadır.**
- Seçilen kaynaklar kısa yörünge dönemlerine sahip (**1.77–10 saat**) olduğundan bir gözlem sezonu içerisinde çok fazla örtülme gözleyebilme avantajı vardır.
- Ayrıca, yılın her zamanı için gözlenebilecek aday kaynaklar seçilmiştir.

<u>Yıldız</u>	<u>Dönem</u> <u>(Saat)</u>	<u>Parlaklık</u> <u>V (Kadir)</u>
<u>PCEBs</u>		
V470 Cam	2.295	14.6
NY <u>Vir</u>	2.424	13.3
NSVS 14256825	2.649	13.2
HS 2231+2441	2.654	14.1
HW <u>Vir</u>	2.801	10.7
NSVS 05629361	3.018	12.7
QS <u>Vir</u>	3.618	14.8
NSVS07826147	3.822	13.0
V471 Tau	12.51	9.50

<u>Yıldız</u>	<u>Dönem</u> <u>(Saat)</u>	<u>Parlaklık</u> <u>V (Kadir)</u>
<u>W UMa</u>		
EP And	9.698	11.5
XY Leo	6.818	9.67
<u>CVs</u>		
HT <u>Cas</u>	1.77	12.5
HU <u>Aqr</u>	2.08	14.8
IP Peg	3.80	13.5
U Gem	4.17	8.20
DQ Her	4.50	15.0
EX <u>Dra</u>	5.03	13.0

Güneş Sistemi Dışındaki Gezegenler (Ötegezegenler)

Kullanılan Gözlemevleri

Sönük Cisimler için (yılda iki dönem)

- **Thai National Observatory** (TNO, 2.4 m Teleskop, Tayland).
2014-A dönemi gözlem yapılmış.
2014-B dönemi (Kasım 2014-Nisan 2015) gözlem projesi kabul edildi.
- **OPTICON** (Optical Infr. Coordination Network for Astronomy)
2015-A dönemi (Şubat 2015- Temmuz 2015) için **2 m Robotik Liverpool Tel.**
(6 saat)

Parlak cisimler için (yılda 3 dönem)

TUG-T100 Teleskopu

- 2014-B dönemi (3 gece gözlem yapıldı)
- 2014-C dönemi (3 gece gözlem yapıldı)
- 2015-A dönemi 7 gecelik gözlem zamanı

Ayrıca

Adıyaman Üniversitesi Gözlemevi 60 cm'lik Teleskop (ilerdeki zamanlarda)

Proje ekibi ve sonuçlar TUBITAK 3501 Kariyer Projesi

İlham NASIROĞLU, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Dr. Agnieszka SLOWIKOWSKA, Zielona Gora Uni, Zielona Gora, Polonya

Prof. Dr. Krzysztof GOZDZIEWSKI, Nicolaus Copernicus Univ. Torun, Polonya
(O-C) diyagramlarındaki değişimlerin (LTT etkisinden meydana gelen) incelenmesi için bilgisayar yazılımı hazır durumdadır.

Bu çalışmalar kapsamında daha önceden yapmış olduğumuz çalışmalar
Gozdziewski ve ark, 2012. **MNRAS**, 425, 930.
Gozdziewski ve ark 2014. **MNRAS**, 2014arXiv1412.5899G

Nasiroglu ve ark 2010. 2010htra.confE..48N

Slowikowska ve ark, 2013. 2013ASPC..469..363S

The HU Aqr planetary system hypothesis revisited

K. Goździewski¹, A. Słowikowska², D. Dimitrov³, K. Krzeszowski², M. Żejmo²,
G. Kanbach⁴, V. Burwitz⁴, A. Rau⁴, P. Irawati⁵, A. Richichi⁵, M. Gawroński¹,
G. Nowak^{6,7,1}, I. Nasiroglu⁸ & D. Kubicki¹

¹ Toruń Centre for Astronomy, Faculty of Physics, Astronomy and Applied Informatics, N. Copernicus University, Grudziadzka 5, 87-100 Toruń, Poland

² Kepler Institute of Astronomy, University of Zielona Góra, Lubuska 2, 65-265 Zielona Góra, Poland

³ Institute of Astronomy, Bulgarian Academy of Sciences, 72 Tsarigradsko Chausse Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria

⁴ Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Giessenbachstrasse, 85748 Garching, Germany

⁵ National Astronomical Research Institute of Thailand, 191 Siriphanich Bldg., Huay Kaew Rd., Suthep, Muang, Chiang Mai 50200, Thailand

⁶ Instituto de Astrofísica de Canarias, C/ vía Láctea, s/n, E-38205 La Laguna, Tenerife, Spain

⁷ Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna, Av. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n, E-38206 La Laguna, Tenerife, Spain

⁸ Department of Physics, Faculty of Science, Atatürk University, Erzurum, 25240, Turkey

19 December 2014

ABSTRACT

We study the mid-eclipse timing data gathered for the cataclysmic binary HU Aquarii during the years 1993–2014. The (O–C) residuals were previously attributed to a single ~ 7 Jupiter mass companion in ~ 5 au orbit or to a stable 2-planet system with an unconstrained outermost orbit. We present 22 new observations gathered between June, 2011 and July, 2014 with four instruments around the world. They reveal a systematic deviation of ~ 60 – 120 seconds from the older ephemeris. We re-analyse the whole set of the timing data available. Our results provide an erratum to the previous HU Aqr planetary models, indicating that the hypothesis for a third and fourth body in this system is uncertain. The dynamical stability criterion and a particular geometry of orbits rule out coplanar 2-planet configurations. A putative HU Aqr planetary system may be more complex, e.g., highly non-coplanar. Indeed, we found examples of 3-planet configurations with the middle planet in a retrograde orbit, which are stable for at least 1 Gyr, and consistent with the observations. The (O–C) may be also driven by oscillations of the gravitational quadrupole moment of the secondary, as predicted by the Lanza et al. modification of the Applegate mechanism. Further systematic, long-term monitoring of HU Aqr is required to interpret the (O–C) residuals.

Key words: extrasolar planets—Rømer effect—cataclysmic variables—star: HU Aqr

On the HU Aquarii planetary system hypothesis

Krzysztof Goździewski¹, İlham Nasiroglu^{2,3}, Aga Słowikowska⁴, Klaus Beuermann⁵,
Gottfried Kanbach², Bartosz Gauza^{6,7}, Andrzej J. Maciejewski⁴, Robert Schwarz⁸,
Axel D. Schwöpe⁸, Tobias C. Hinse⁹, Nader Haghighipour¹⁰, Vadim Burwitz^{2,11},
Mariusz Słonina¹ and Arne Rau²

¹Torun Centre for Astronomy, Nicolaus Copernicus University, Gagarin Str. 11, 87-100 Torun, Poland

²Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Giessenbachstrasse, 85748 Garching, Germany

³University of Cukurova, Department of Physics, 01330 Adana, Turkey

⁴Kepler Institute of Astronomy, University of Zielona Góra, Lubuska 2, 65-265 Zielona Góra, Poland

⁵Universität Göttingen, Institut für Astrophysik, Friedrich-Hund-Platz 1, DE 37077 Göttingen, Germany

⁶Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), E-38200 La Laguna, Tenerife, Spain

⁷Dept. Astrofísica, Universidad de La Laguna (ULL), E-38206 La Laguna, Tenerife, Spain

⁸Leibniz-Institute für Astrophysik (AIP), An der Sternwarte 16, 14482 Potsdam, Germany

⁹Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI), Optical Astronomy Research Center, 776 Daedukdae-ro, Daejeon, 305-348, Republic of Korea

¹⁰Institute for Astronomy and NASA Astrobiology Institute, University of Hawaii-Manoa, 2680 Woodlawn Drive, Honolulu, HI 96822, USA

¹¹Observatorio Astronomico de Mallorca, 07144 Costüx, Mallorca, Spain

21 May 2012

ABSTRACT

In this work, we investigate the eclipse timing of the polar binary HU Aquarii that has been observed for almost two decades. Recently, Qian et al. attributed large (O-C) deviations between the eclipse ephemeris and observations to a compact system of two massive jovian companions. We improve the Keplerian, kinematic model of the Light Travel Time (LTT) effect and re-analyse the whole currently available data set. We add almost 60 new, yet unpublished, mostly precision light curves obtained using the time high-resolution photo-polarimeter OPTIMA, as well as photometric observations performed at the MONET/N, PIRATE and TCS telescopes. We determine new mid-egress times with a mean uncertainty at the level of 1 second or better. We claim that because the observations that currently exist in the literature are non-homogeneous with respect to spectral windows (ultraviolet, X-ray, visual, polarimetric mode) and the reported mid-egress measurements errors, they may introduce systematics that affect orbital fits. Indeed, we find that the published data, when taken literally, cannot be explained by any unique solution. Many qualitatively different and best-fit 2-planet configurations, including self-consistent, Newtonian N -body solutions may be able to explain the data. However, using high resolution, precision OPTIMA light curves, we find that the (O-C) deviations are best explained by the presence of a single circumbinary companion orbiting at a distance of ~ 4.5 AU with a small eccentricity and having ~ 7 Jupiter-masses. This object could be the next circumbinary planet detected from the ground, similar to the announced companions around close binaries HW Vir, NN Ser, UZ For, DP Leo or SZ Her, and planets of this type around Kepler-16, Kepler-34 and Kepler-35.

Key words: extrasolar planets—LTT technique— N -body problem—polar—star: HU Aqr

18 May 2012

arXiv:1205.4164v1 [astro-ph.EP]

The orbital ephemeris of HU Aquarii observed with OPTIMA. Are there two giant planets in orbit?

Ilham Nasiroglu*

Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Giessenbachstrasse 1, 85741 Garching, Germany

Department of Physics, University of Cukurova, 01330 Adana, Turkey

E-mail: ilhamnasiroglu@yahoo.com

Agnieszka Słowikowska

Institute of Astronomy, University of Zielona Góra, Lubuska 2, 65-265 Zielona Góra, Poland

E-mail: aga@astro.ia.uz.zgora.pl

Gottfried Kanbach

Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Giessenbachstrasse 1, 85741 Garching, Germany

E-mail: gok@mpe.mpg.de

HU Aqr is an eclipsing CV system hosting a highly magnetic white dwarf orbited by a M4V dwarf with a period of about 125 min. Its orbital ephemeris has been followed with precision since 1993. Regular OPTIMA observations of eclipses of HU Aqr since 1999 can be used to follow the secular changes of the binary orbit. We report new modeling of the orbital ephemeris including recent 2008/2009 observations and find that a model including a linear and quadratic

****Volume Title****

*ASP Conference Series, Vol. **Volume Number***

****Author****

© ****Copyright Year**** *Astronomical Society of the Pacific*

Investigating AM Her Cataclysmic Variables with the Optical Pulsar Timing Analyzer — OPTIMA

Aga Słowikowska,¹ Krzysztof Goździewski,² Ilham Nasiroglu,³
Gottfried Kanbach,⁴ Arne Rau,⁴ Krzysztof Krzeszowski¹

¹*Kepler Institute of Astronomy, University of Zielona Góra, Lubuska 2, 65-265 Zielona Góra, Poland*

²*Toruń Centre for Astronomy, Nicolaus Copernicus University, Gagarin Str. 11, 87-100 Toruń, Poland*

³*University of Çukurova, Department of Physics, 01330 Adana, Turkey*

⁴*Max-Planck Institut für Extraterrestrische Physik, Giessenbachstrasse 1, 85741 Garching bei München, Germany*

Abstract. We focus on short-period eclipsing binaries that belong to a class of Cataclysmic Variables (CVs). They are known as polars and intermediate polars, closely resembling their prototype AM Herculis. These binaries consist of a red dwarf and a strongly magnetic white dwarf, having orbital periods of only a few hours. Monitoring eclipses of these typically faint sources demands high-time resolution photometry. We describe the very recent results obtained for two CVs, HU Aqr and DQ Her, which were observed with the Optical Pulsar Timing Analyzer (OPTIMA). The new observations of HU Aqr confirm that the O–C (Observed minus Calculated) diagrams exhibit variations known for this binary which can be explained by a single, massive Jupiter-like planet, possibly accompanied by a very distant companion.