

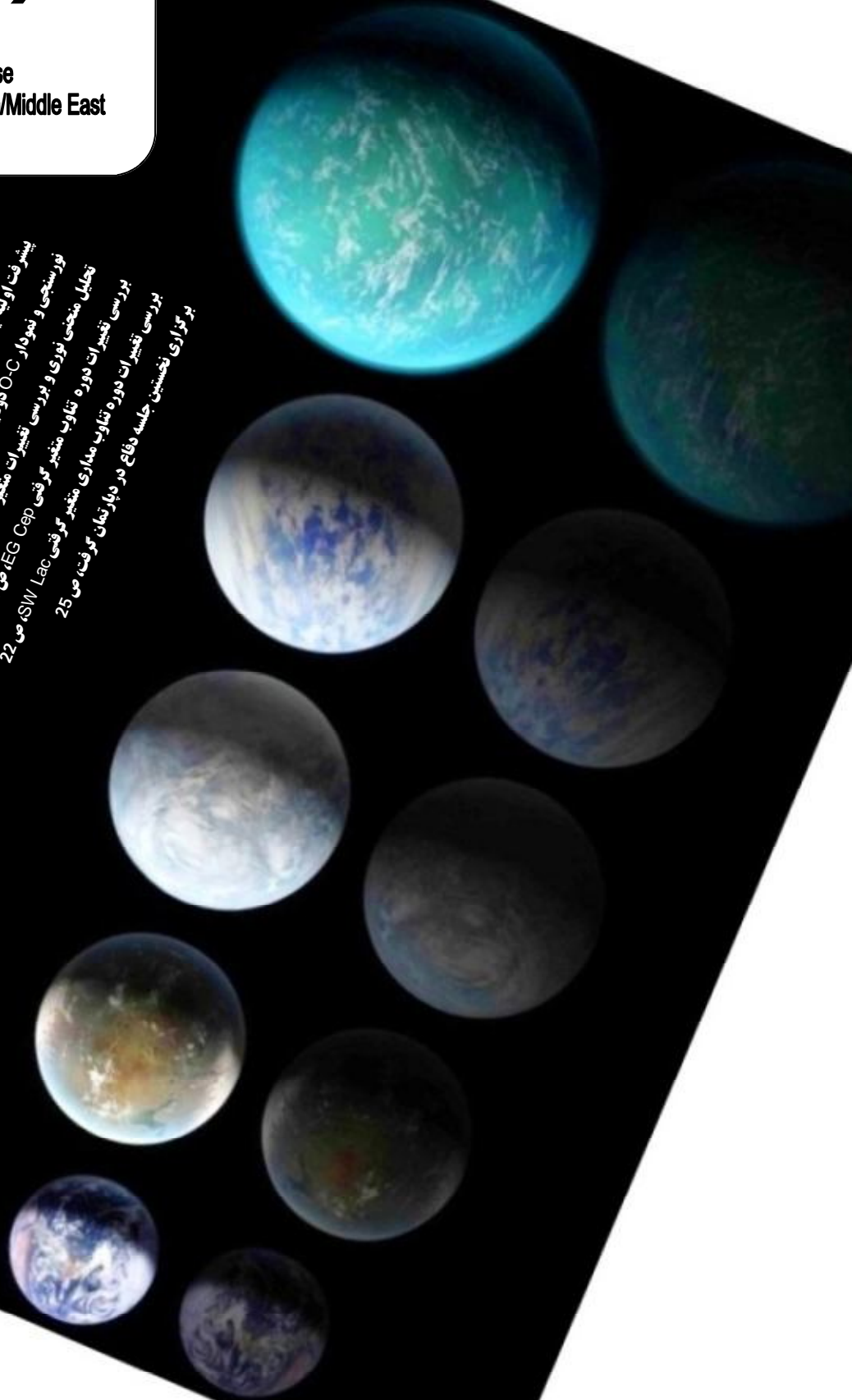
# JOE 29

Journal of Occultation and Eclipse  
International Occultation Timing Association/Middle East  
May 2013

Monthly

Positive Occultation Reports, P 2  
Kepler Discovers its Smallest Habitable Zone Planets, P 4  
The Early Development of Ideas Concerning the  
Transneptunian Region, P 9  
Photometry and O-C diagram of V1191 Cyg, P 15  
Light Curve Analyze and Variation Study of EQ Tauri, P 19  
A Photometric study of SW Lac and its O-C diagram, P 24

میزان های تایید شده اختفا در IOTA، ص 2  
کشف کوچکترین سیارات قابل سکونت تاکنون، ص 5  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی EQ توری، ص 14  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی V1191 Cyg، ص 18  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی EG Cep، ص 20  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی SW Lac، ص 22  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی EQ Tauri، ص 25  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی EQ Tauri، ص 25  
تجزیه و تحلیل منحنی نوری و تابش منحنی گرقی EQ Tauri، ص 25





یک یادآوری کوتاه از سوی آتیلا پرو کافی است که یک عالمه خاطره‌ی کوتاه و بلند، شاد و غمگین برابم تداعی شود. یادآوری این نکته که 29 ماه است در ژورنال آیوتا خاورمیانه چیزی ننوشته ام. و حالا در این شماره یک سخن اول... در حوزه‌ی فعالیت‌های آیوتا بنویسم؟ در حوزه‌ی فعالیت‌های علمی‌ام در این دوره بنویسم؟ تبریک سال نو بگویم؟ یا... نمیدانم. شاید بد نباشد بنویسم که کار گروهی را در ایران پیش بردن چه اندازه سخت است (همه‌ی ما این را می‌دانیم!) و یا اینکه بنویسم شیوه‌های متنوعی برای پیش بردن کار گروهی در ایران وجود دارد (و همه‌ی ما این را نمی‌دانیم!). اما من بر حسب تجربه مواردی را به عنوان فاکتورهای لازم (و نه الزاما کافی) برای پیش بردن کارهای گروهی یاد گرفته‌ام... شاید بد نباشد با شما به اشتراکش بگذارم:

- 1- گروه را در دل و ذهن و جانتان به عنوان عامل پیش برنده فرض کنید، تیم عاملی برای رقابت نیست.
- 2- برای تیمتان قوانین مشخص وضع کنید. قوانینی که برای همه واضح باشد و لبه‌های آن تا حد ممکن، بیشترین میزان وضوح را دارا باشند.
- 3- اخلاق حرفه‌ای و اخلاق شخصی را بشناسید و با کارکردهای آن آشنا باشید و به کار ببرید. اخلاق یک مقوله‌ی فلسفی برای نشان دادن میزان روشنفکری‌تان نیست. یک ابزار کاربردی است برای زندگی بشر.
- 4- یکی از نشانه‌های روشنفکری را نقادی دانسته‌اند. نقاد باشید. به وضعیت موجود حساس بوده و در صورت نیاز آن را نقد کنید. مودب و بی‌پرده و مشخص.
- 5- خیلی به نصیحت کردن روی نیاورید... هر جایی لازم بود تغییری ایجاد شود از خودتان شروع کنید...

حداقل 5 یا 6 مورد دیگر هم برای این اشتراک گذاری مد نظر هست... اما کلام را به اطاله نکشم... شادی و زیبایی‌تان را همیشه آرزومندم. شادی‌ها و زیبایی‌های پایا و مانا.

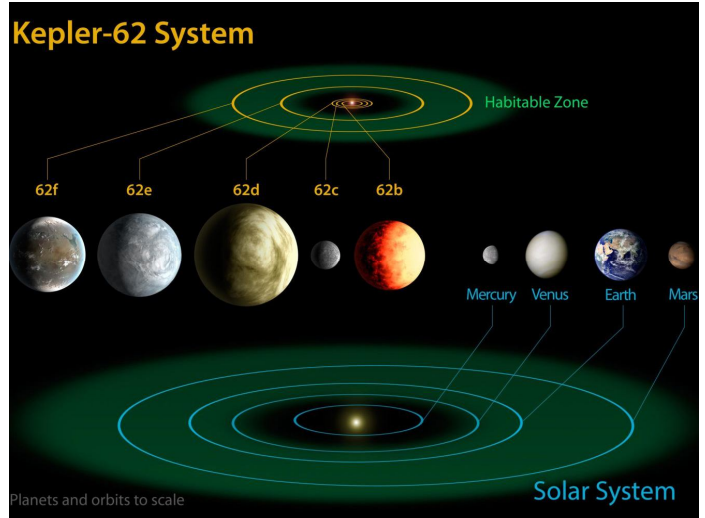
محمد رضا نوروزی، 7 اردیبهشت 1392، اختیاریه-تهران

## Positive Occultation Reports

## گزارش‌های تایید شده اختفا در IOTA

Observer	H.Hekmat	Observer	N.Taebjoola	Observer	H.Hekmat
Assistance	N.Taebjoola	Assistance	H.Hekmat	Assistance	N.Taebjoola
Star Name (SAO)	98266	Star Name (SAO)	98235	Star Name (SAO)	185296
Telescope (Aper)	25 cm	Telescope (Aper)	25 CM	Telescope (Aper)	25 CM
Longitude	+ 48 24 42.8	Longitude	+ 48 24 42.8	Longitude	+ 48 24 42.8
Latitude	+32 23 25.2	Latitude	+32 23 25.2	Latitude	+32 23 25.2
Alt	144	Alt	144	Alt	144
City	Dezful	City	Dezful	City	Dezful
Date (D/M/Y)	19/4/2013	Date (D/M/Y)	19/4/2013	Date (D/M/Y)	28/4/2013
Hour	19	Hour	17	Hour	21
Minute	36	Minute	20	Minute	6
Second	19.6	Second	50.2	Second	45.40
Position	D	Position	R	Position	R
Limb basis	Kaguya	Limb basis	Kaguya	Limb basis	Kaguya
O-C	-0.07	O-C	0.06	O-C	-0.18

## کشف کوچکترین سیارات قابل سکونت توسط ماهواره‌ی کپلر



ماهواره‌ی کپلر در ماموریت اخیر خود دو سیستم خورشیدی را که حاوی 3 سیاره‌ی بسیار بزرگتر از زمین به عنوان ((مناطق قابل سکونت)) کشف کرد. فاصله‌ی این سیارات از ستاره‌ای که به دور آن می‌چرخد به اندازه‌ای است که امکان وجود آب مایع را در سطح آنها فراهم می‌کند. منظومه‌ی کپلر 62 دارای 5 سیاره‌ی 62b, 62c, 62d, 62e and 62f و منظومه کپلر 69 دارای دو سیاره‌ی 69b and 69c است. سیارات کپلر 62 به نام های 62f و 69c سیارات بزرگتر از زمین هستند. دو سیاره از سیارات کشف شده به دور ستاره‌ای به مراتب کوچکتر و سردتر از خورشید می‌چرخند. سیاره کپلر 62f فقط 40% از زمین بزرگتر است که آنرا به عنوان نزدیک ترین سیاره قابل سکونت به اندازه زمین در ستاره‌ای دیگر تبدیل می‌کند. سیاره کپلر 62f بیشتر دارای ساختار صخره‌ای است. کپلر 62e در لبه داخلی منطقه قابل سکونت در حال گردش است و اندازه‌ی آن در حدود 60% بزرگتر از زمین است. سومین سیاره کپلر 69c، 70% بزرگتر از زمین بوده است و در منطقه قابل سکونت ستاره‌ای شبیه به خورشید ما در گردش است. ستاره شناسان هنوز از ماهیت کپلر 69c با خبر نیستند اما گردش 242 روزه این سیاره به دور ستاره‌ای شبیه به خورشید شباهتهایی به سیاره همسایه یعنی مشتری دارد. دانشمندان هنوز از وجود حیات روی سیارات تازه کشف شده اطمینان ندارند اما کشفیات آنها نشان می‌دهد که یک گام دیگر به کشف دنیایی شبیه به دنیای خود در اطراف ستاره‌ای شبیه به خورشید خودمان نزدیک شده ایم. جان گرانسفلد عضو هیئت مدیره ماموریت‌های علمی در مقر ناسا در واشنگتن اظهار داشت که: فضاپیمای کپلر قطعاً به یک ستاره‌ی راک در صفحه‌ی علم تبدیل شده است. کشف این سیارات صخره‌ای در منطقه قابل سکونت ما را در پیدا کردن جایی شبیه به خانه مان (زمین) به جلو هدایت کرده است. کشف این مطلب که آیا منظومه مکان‌های قابل سکونت زیادی مانند زمین برای ما در بر دارد یا اینکه ما در سیاره نادری زندگی می‌کنیم فقط به زمان احتیاج دارد. تلسکوپ فضایی کپلر که به طور دائم و همزمان نور بیش از 150000 ستاره را اندازه‌گیری می‌کند اولین ماموریت ناسا است که قابلیت کشف سیارات هم اندازه زمین که اطاف ستاره‌هایی مثل خورشید می‌چرخد را داراست. کپلر 62e با گردش 122 روزه خود به دور ستاره‌اش اولین سیاره شناخته شده است که در این منطقه قابل سکونت بود.

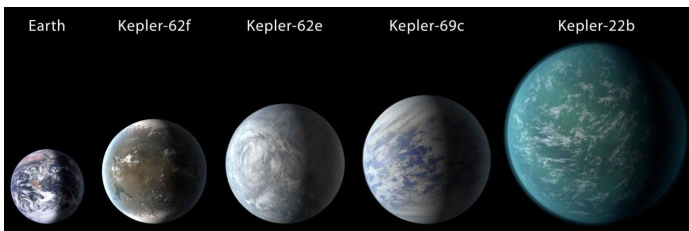
سیاره کپلر 62f با گردش 267 روزه آخرین سیاره کشف شده توسط اریک آگون استاد نجوم در دانشگاه واشنگتن و نویسنده مقالات اکتشافی در مجله ساینس کشف شد. اندازه‌ی کپلر 62f هم‌اکنون اندازه‌گیری شده اما حجم و ماهیت آن هنوز خیر. اگر چه با استناد به مطالعات گذشته روی سیارات صخره‌ای با اندازه‌های مشابه دانشمندان می‌توانند از روی رابطه‌هایی حجم این سیاره را تخمین بزنند. کشف و تایید وجود یک سیاره به حجم زیادی از تلاش، توان و همچنین منابع کافی و نیز اعضای خبره دانشمندان نیاز است این سخن ویلیام بروکلی محقق ارشد مرکز تحقیقاتی ایمز و نویسنده مقاله منظومه کپلر-62 در مجله ساینس اظهار داشت. کپلر اکتشافات فضایی جدیدی در اختیار دارد و ما در حال پیشرفت فوق العاده در فهم این مطلب هستیم که آیا سیاراتی از قبیل زمین در کهکشان فراوان هستند یا خیر. دو منطقه قابل سکونت در مدار کپلر-62 سه همراه در مدار خود نزدیک به ستاره‌شان دارند دو سیاره بزرگتر از زمین و یکی به اندازه مریخ. کپلر 62b, 62e, 62d به ترتیب 5 و 12 و 18 روز به دور ستاره خود می‌چرخد و همانطور که می‌دانیم این امر باعث می‌شود که سطح آنها بسیار داغ و غیر قابل سکونت باشد. پنج سیاره منظومه کپلر-62 به دور ستاره‌ایی می‌چرخند که آن را در زمره‌ی کوتوله کی-2 طبقه بندی می‌کنیم. اندازه این ستاره دو سوم خورشید و فوران آن نیز یک پنجم خورشید می‌باشد. با سن حدود هفت میلیارد سال این ستاره از خورشید پیرتر است. این ستاره در فاصله 1200 سال نوری از زمین در صورت فلکی بریط قرار دارد. همراه کپلر-69c سیاره کپلر 69b قرار دارد که با اندازه‌ای دو برابر زمین در مدار 13 روزه خود آرام در حال سوختن است. ستاره میزبان منظومه کپلر 69 جزو خانواده ستارگان خورشید ماست که به آن جی-تایپ می‌گویند. این ستاره 93% از اندازه خورشید و 80% از روشنایی آن را دارد و در فاصله 2700 سال نوری از زمین در صورت فلکی ماکیان قرار گرفته است. توماس بارکلی دانشمند موسسه تحقیقات محیطی در سونو کالیفرنیا نویسنده اصلی مقاله کپلر 69 در مجله اخترفیزیک می‌گوید: فقط یک ستاره که میزبان سیاره‌ای که دارای حیات است را می‌شناسیم و آن خورشید است. پیدا کردن یک سیاره در منطقه قابل سکونت در اطراف یک ستاره شبیه به خورشید یک نقطه عطف در جهت کشف سیاراتی شبیه به زمین است. هنگامی که یک سیاره نمونه (مورد تحقیق) در نقطه دید فضاپیما از کنار یا مقابل ستاره خود عبور می‌کند درصدی از نور ستاره را بلوک می‌کند. تغییر میزان نور ستاره ناشی از عبور سیاره اندازه سیاره را در قیاس با ستاره خود نمایان می‌کند. تلسکوپ کپلر بیش از 2740 سیاره کاندیدا را با استفاده از این روش شناسایی کرده است. با استفاده از سایر روش‌ها مثل تلسکوپ‌های زمینی و سایر لوازم و وسایل فضایی 122 سیاره وجودشان تایید شده است. در اوایل ماموریت تلسکوپ کپلر چند عنوان بزرگ و گازی را در مدارهای خیلی نزدیک به ستاره‌شان پیدا کرد. این سیارات به واسطه اندازه و زمان گردش‌شان به دور ستاره راحت‌تر قابل پیدا کردن هستند. برای زمین سه سال طول می‌کشد که این سه گذر را تکمیل می‌کند تا به عنوان یک سیاره کاندید مورد قبول واقع شود. با ادامه رصد تلسکوپ کپلر نشانه‌هایی از وجود سیارات قابل سکونت در اندازه زمین که به دور ستاره‌ای مانند خورشید در گردش‌اند کم کم نمایان می‌شود.



مترجم: امیر نظام امیری

Translation to Farsi: Amirnezam Amiri

## Kepler Discovers its Smallest Habitable Zone Planets



PASADENA, Calif. -- NASA's Kepler mission has discovered two new planetary systems that include three super-Earth-size planets in the "habitable zone," the range of distance from a star where the surface temperature of an orbiting planet might be suitable for liquid water. The Kepler-62 system has five planets: 62b, 62c, 62d, 62e and 62f. The Kepler-69 system has two planets: 69b and 69c. Kepler-62e, 62f and 69c are the super-Earth-sized planets. Two of the newly discovered planets orbit a star smaller and cooler than the sun. Kepler-62f is only 40 percent larger than Earth, making it the exoplanet closest to the size of our planet known in the habitable zone of another star. Kepler-62f is likely to have a rocky composition. Kepler-62e orbits on the inner edge of the habitable zone and is roughly 60 percent larger than Earth. The third planet, Kepler-69c, is 70 percent larger than the size of Earth, and orbits in the habitable zone of a star similar to our sun. Astronomers are uncertain about the composition of Kepler-69c, but its orbit of 242 days around a sun-like star resembles that of our neighboring planet Venus.

Scientists do not know whether life could exist on the new-found planets, but their discovery signals we are another step closer to finding a world similar to Earth around a star like our sun. "The Kepler spacecraft has certainly turned out to be a rock star of science," said John Grunsfeld, associate administrator of the Science Mission Directorate at NASA Headquarters in Washington. "The discovery of these rocky planets in the habitable zone brings us a bit closer to finding a place like home. It is only a matter of time before we know if the galaxy is home to a multitude of planets like Earth, or if we are a rarity."

The Kepler space telescope, which simultaneously and continuously measures the brightness of more than 150,000 stars, is NASA's first mission capable of detecting Earth-size planets around stars like our sun. Orbiting its star every 122 days, Kepler-62e was the first of these habitable zone planets identified. Kepler-62f, with an orbital period of 267 days, was later found by Eric Agol, associate professor of astronomy at the University of Washington and co-author of a paper on the discoveries published in the journal *Science*. The size of Kepler-62f is now measured, but its mass and composition are not. However, based on previous studies of rocky exoplanets similar in size, scientists are able to estimate its mass by association.

"The detection and confirmation of planets is an enormously collaborative effort of talent and resources, and requires expertise from across the scientific community to produce these tremendous results," said William Borucki, Kepler science principal investigator at NASA's Ames Research Center at Moffett Field, Calif., and lead author of the Kepler-62 system paper in *Science*. "Kepler has brought a resurgence of astronomical discoveries and we are making excellent progress toward determining if planets like ours are the exception or the rule. "The two habitable zone worlds orbiting Kepler-62 have three companions in orbits closer to their star, two larger than the size of Earth and one about the size of Mars. Kepler-62b, Kepler-62c and Kepler-62d orbit every five, 12 and 18 days, respectively, making them very hot and inhospitable for life as we know it. The five planets of the Kepler-62 system orbit a star classified as a K2 dwarf, measuring just two-thirds the size of the sun and only one-fifth as bright. At seven billion years old, the star is somewhat older than the sun. It is about 1,200 light-years from Earth in the constellation Lyra. A companion to Kepler-69c, known as Kepler-69b, is more than twice the size of Earth and whizzes around its star every 13 days. The Kepler-69 planets' host star belongs to the same class as our sun, called G-type. It is 93 percent the size of the sun and 80 percent as luminous and is located approximately 2,700 light-years from Earth in the constellation Cygnus. "We only know of one star that hosts a planet with life, the sun. Finding a planet in the habitable zone around a star like our sun is a significant milestone toward finding truly Earth-like planets," said Thomas Barclay, Kepler scientist at the Bay Area Environmental Research Institute in Sonoma, Calif., and lead author of the Kepler-69 system discovery published in the *Astrophysical Journal*. When a planet candidate transits, or passes in front of the star from the spacecraft's vantage point, a percentage of light from the star is blocked. The resulting dip in the brightness of the starlight reveals the transiting planet's size relative to its star. Using the transit method, Kepler has detected 2,740 candidates. Using various analysis techniques, ground telescopes and other space assets, 122 planets have been confirmed. Early in the mission, the Kepler telescope primarily found large, gaseous giants in very close orbits of their stars. Known as "hot Jupiters," these are easier to detect due to their size and very short orbital periods. Earth would take three years to accomplish the three transits required to be accepted as a planet candidate. As Kepler continues to observe, transit signals of habitable zone planets the size of Earth that are orbiting stars like the sun will begin to emerge. Ames is responsible for Kepler's ground system development, mission operations and science data analysis. NASA's Jet Propulsion Laboratory in Pasadena, Calif., managed Kepler mission development. Ball Aerospace & Technologies Corp. in Boulder, Colo., developed the Kepler flight system and supports mission operations with the Laboratory for Atmospheric and Space Physics at the University of Colorado in Boulder. The Space Telescope Science Institute in Baltimore archives, hosts and distributes Kepler science data. Kepler is NASA's 10th Discovery Mission and was funded by the agency's Science Mission Directorate.

<http://www.jpl.nasa.gov/news/>

## پیشرفت اولیه‌های مربوط به منطقه فرانپتونی

John K. Davies (UK Astronomy Technology Centre)  
John McFarland and Mark E. Bailey (Armagh Observatory)  
Brian G. Marsden (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics)  
Wing-Huen Ip (National Central University, Taiwan)

### چکیده:

این بار قصد داریم تاریخ پیش بینی‌ها و جستجوها را برای تعدادی از دنباله‌دارها و سیارک‌های فرانپتونی بررسی کنیم. شروع با گمانه زنی‌های اولیه قبل و بعد از کشف پلوتو خواهد بود، ما پیش بینی‌های مختلف Kuiper, Edgeworth و دیگران را در مورد وجود چنین جمعیتی بررسی می‌کنیم و تلاش‌های فزاینده‌ای را برای بررسی نظریه‌های پیچیده مرور می‌کنیم که در نهایت نشان دادند، وجود دنباله‌دارهای کوتاه دوره مستلزم وجود یک جمعیت فرانپتونی در صفحه دایره‌البروج است.

### 1. اولین رویکردهای کمی Edgeworth 1.1

رویکرد جامعی توسط ستاره‌شناس مستقل ایرلندی، Kenneth E. Edgeworth در طول دهه‌ی 1930 ساخته شد. بعد از موفقیت در حرفه‌های نظامی و غیرنظامی، Edgeworth بازنشسته شد و به خانه‌اش برگشت و به توسعه ایده‌هایش روی کیهان‌شناسی در منظومه‌خورشیدی پرداخت. ایده‌هایش در یک نسخه خطی برای انتشار در سال 1938 (McFarland, 2004) ارائه شد که اساساً ایده بسیار قدیمی را توسعه می‌داد (حداقل با



قدمت تاریخچه طبیعی جهان Kant و تئوری آسمان‌ها) [1] و تکامل منظومه خورشیدی را به اوج خود می‌رساند. او می‌گفت تشکیل سیاره‌ها را می‌توان به عنوان یک نتیجه از تجمع اجرام متعدد کوچکتر یا به هم پیوستگی‌ها در یک صفحه گازی در نظر رفت که در فاصله‌هایی به مراتب فراتر از سیارات شناخته گسترش می‌یافتند. دست نوشته‌های Edgeworth اوایل بهار 1938 در چندین چاپخانه منتشر شد (به عنوان مثال George Allen و Unwin Ltd و ... ) و به دست چندین ستاره‌شناس برجسته روز رسید. برای مثال، با پیشنهاد R.A. Lyttleton، یک کپی به وسیله F.J.M Stratton برای W.J. Luyten فرستاده شد، که بعداً توضیح مطلوبی بر روی روش Edgeworth در یک ارتباط شخصی اضافه کرده است.

به نظر می‌رسد کارهای منتشر شده او در سال‌های 1943 و 1949 اولین تحقیقات کمی در مورد احتمال وجود تعداد زیادی از دنباله‌دارهای پنهانی در یک مدار دایره البروج فراتر از مدارهای نپتون و پلوتو بوده است. فرض یک صفحه اصلی از گاز و ذرات کوچک که به دور خورشید می‌چرخند و در حال حاضر به خوبی توسعه یافته‌اند را او پیشنهاد داد، خیلی زود در آن صحبت از تأثیرات چسبندگی و نیروهای کشندی در اتلانف اندازه حرکت زاویه‌ای در صفحه گازی سیاره‌ای شد، که اگر سیستم به اندازه‌ی کافی چگال باشد، به داخل بخش‌های مختلف منقبض شده، سپس به شکل سیارات بزرگ با هم یکی می‌شوند.

(1) تئوری‌ای که بیان می‌کند منظومه خورشیدی ما صرفاً یک نسخه کوچکتر از سیستم‌های ستاره‌ای ثابت است. مانند کهکشان راه‌شیری و دیگر کهکشان‌ها.

دور از مرکز سیستم، فراتر از نپتون و پلوتو، چگالی صفحه کمتر بوده است و فرآیندهای تراکم که سیارات بزرگ را شکل می‌داد، زمان برای کامل عمل کردن و شکل دادن سیارات بزرگ منفرد، کافی نبوده است. بنابراین، دوباره ایده‌هایی که می‌توانست کیهان‌شناسی Kant رو ادامه دهد، دنبال شد. Edgeworth اشاره کرد که با توجه به کاهش چگالی در خارج از مرکز سحابی و سرعت‌های پایین چگالش در این منطقه، نرخ رشد منحصر به فرد اجرام به سرعت با افزایش فاصله از خورشید کاهش می‌یابد. (cf. Bailey, 1994). در این راه، Edgeworth بدست آورد که در فاصله‌های بسیار دور فرآیندهای تراکم یک سیستم متشکل از تعداد بسیار زیادی از انبوه‌شن‌های نسبتاً کوچک را تولید کرده اند که تا به امروز حضور دارند. او دریافت که اگر این اجرام در بخش‌های نزدیک دیده شده اند، آنها ظاهر شده اند به عنوان خوشه‌های فشرده شده جزئی که از یک هسته کوچک با یک صفحه پیوسته ی زحل مانند تشکیل شده اند (Edgeworth 1961). این اجرام زمانی که در مسیرهای نزدیک به خورشید منحرف می‌شوند، قابل مشاهده هستند. در دست نوشته‌های منتشر نشده او (Edgeworth, 1938)، او همچنین محدوده تقریبی از تعداد و اندازه‌های دنباله‌دارهای پنهانی فراتر از نپتون را محاسبه کرد، اول برای جرم کل در حلقه‌ی 0.33 و سپس برای 0.1 برابر جرم زمین. با محاسبات رقم‌های بدست آمده از 200 میلیون و 2000 میلیون ذره با توده جرم منحصر به فرد در حدود  $5 \times 10^{-9}$  برابر جرم زمین و  $5 \times 10^{-11}$  برابر جرم زمین، که به ترتیب بودند کوچکتر و بزرگتر از بیشتر سیاره‌های کوچک در کمربند سیارکی اصل، Edgeworth استدلال کرد که حلقه‌ها از حدود 65 واحد نجومی تا شاید بیشتر از 260 واحد نجومی هستند و او دریافت که این اعداد و اندازه‌ها با احتیاج همیشگی دنباله‌دارها مطابقت داشتند (Edgeworth, 1938).

Edgeworth، از این محاسباتش نتیجه‌گیری کرد که نپتون از معدود مواردی است که با وجود محدودیت‌ها، به عنوان یک سیاره‌ی بزرگ منفرد در منظومه خورشیدی بیرونی تشکیل شده است. اگرچه به طور قابل ملاحظه‌ای، بیشتر، به نظر می‌آید این جرم مربوط به صفحات فرانپتونی باشد، اما این غیر ممکن است که سیاره فرانپتونی بزرگی تشکیل شده باشد. طبقه بندی پلوتو در تفکر Edgeworth بین یک سیاره و یک قمر فرار کرده از نپتون در تناوب بود. او از پلوتو نوشته است: پلوتو، آخرین عضو اضافه شده به لیست اعضای منظومه خورشیدی ما، به رغم موقعیت آن، برای طبقه بندی شدن به عنوان یک سیاره بزرگ خیلی کوچک است؛ او پیشنهاد داد که پلوتو یک قمر جدا شده از نپتون است و ما باید دلیل خوبی برای قرار گرفتن آن در این رده پیدا کنیم.

در به وجود آمدن چنین تفکری، احتمالاً به مقاله Lyttleton (1936) روی یک منشأ احتمالی برای پلوتو مراجعه کرده بود. پس از آن، او در کتاب خود بعضی اوقات آن را در میان سیارات رتبه‌بندی کرده است. به طور کلی، Edgeworth علاقه قابل ملاحظه و زندگی موفق داشت و تعداد زیادی از ایده‌های نجومی او تحولات آینده را پیش‌بینی می‌کرد. دادن نسبت آماتوری به او، توجه به تأثیر میزان آنالیزهای کمی او را بر روی دیگر محققین برجسته در این زمینه مشکل می‌سازد، که در آن زمان در یک حالت بسیار سیال بود. با این حال، روشن است که او یک فهم استوار از مشکل و یک تنوعی از نظرات مستقل داشته است، و استدلال شده است (توسط Bruk و McFarland در سال 1996 و Grenn در سال 2004) که به کار او باید اعتبار بیشتری داده شود.

## 1.2 Kuiper



سهم قابل توجهی از مطالعات منشأ منظومه خورشیدی، در یک مقاله که در یک سمپوزیوم به مناسبت پیشرفت‌های فیزیک نجومی در طول نیم قرن پس از تأسیس رصدخانه Yerkes منتشر شد، به آقای جرارد کویپر اختصاص دارد. اگرچه کویپر بیان می‌کند که مقاله این سمپوزیوم برای انتشار در نوامبر 1949 ارائه شده است و انتشار محدود تا فوریه 1950 داده شده بود. او آشکارا زمانی که هر دو مقاله‌های اصلی اورت و ویپل که در یک چهارم اول سال

1950 منتشر شد را فرصت داشت. کویپر در بخش خود تحت عنوان دنباله دارها و سیارات ناشناخته سرنوشت کمربند مواد سحابی فراتر از نپتون را مطرح کرد و آن را تا فاصله حسیض خورشیدی پلوتو ادامه داد (یعنی از حدود 38 تا 50 واحد نجومی). او فرض کرد که درجه حرارت در این منطقه نسبتاً با ثبات، به اندازه کافی سرد هست اول برای متراکم کردن بخار آب، متان و آمونیاک به صورت دانه برف و سپس به صورت اجرامی در حدود چند ده سانتی متر (کویپر در سال 1956 را ببینید). او اظهار داشت که ترکیب این ذرات برف تا مدت‌ها ادامه خواهند داشت حتی بعد از پراکندگی سحابی خورشیدی، به طوری که پس از میلیاردها سال، هنوز اندازه متوسط بزرگترین جرم این منطقه در یک کیلومتر، به زحمت تا 100 کیلومتر برسد. اگر کمربند از موادی با جرم  $5 \times 10^{24}$  کیلوگرم بود، کویپر تخمین زده است که این مطابقت می‌کند با اعضای تخمین زده شده اورت در حدود  $10^{11}$  با جرم کل  $10^{24}$  در مخزن دنباله‌دارهای کروی غول پیکر.

کار کویپر تشدید شده با تصویر یخ‌های کلوخه شده‌ی Whipple برای هسته‌های دنباله‌دارها، گرچه به نظر می‌رسد کاملاً مستقل از کار ویپل توسعه داده شد. کویپر احساس کرده بود که ستاره‌های دنباله‌دار احتمالاً بین مریخ و مشتری تشکیل نشده‌اند و به طور نظری اورت را پیشنهاد داده بود. اما در عوض فرض شده که بسیاری از این توپ‌های برفی می‌توانند اول به وسیله آشفته‌گی‌های پلوتو به طرف نپتون فرستاده می‌شوند و سپس آشفته‌گی‌های سیارات دورتر، شامل مشتری، به طرف دام دنباله دار اورت (cf. Opik 1932).

این مکانیزم احتیاج داشت به اینکه پلوتو جرمی در محدوده‌ی 0.1 تا 1.0 برابر جرم زمین داشته باشد، گرچه بعداً این نتیجه با کشف چارون رد شد (Christy و Harrington سال 1978)، اما آن زمان به طور گسترده‌ای بدان باور داشتند.

کویپر به این نتیجه رسید که دنباله‌دارهایی که امروزه می‌بینیم، از ابرهای غول پیکر دنباله‌دارها به وسیله مکانیزم‌های اورت از آشفته‌گی‌های تصادفی به وسیله عبور ستارگان به داخل منظومه خورشیدی فرستاده می‌شوند، که منجر به توزیع ایزوتروپیک (همسانگرد) در جهات نزدیک شده است. فراتر از فاصله اوج خورشیدی پلوتو در 50 واحد نجومی، جایی که در آن گستره‌ی دینامیکی ناچیز است، کویپر ایده‌ی مهمی را دوباره ارائه داد، تاریخ از نسل قبل، که یک کمربند اصلی از مواد باقی مانده سحابی هنوز هم ممکن است وجود داشته باشد و به وسیله دنباله‌دارها جمع می‌شوند. کویپر همچنین در نظر گرفته است که شکنندگی دنباله دارها و گرایش آنها به متلاشی شدن به خرده سنگ‌های کوچک با این سناریو در تطابق است.

## 2. کمربند دنباله‌دار

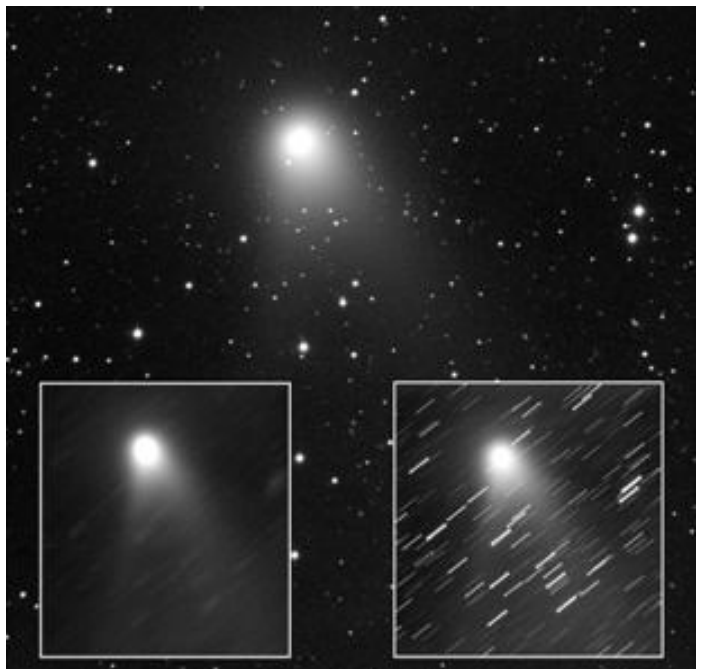
### 1.2 Whipple و حلقه دنباله‌دارها

به خاطر ضعف ذاتی پلوتو و اندازه گیری‌ها به وسیله کویپر از اندازه زاویه ای آن یک جرم با بیشتر از نصف قطر زمین پیشنهاد شد، تلاش برای تعیین جرم آن به وسیله آشفته‌گی‌ها در دیگر اجرام در منظومه‌ی سیاره‌های خارجی پافشاری شد در دادن ارقامی به بزرگیه 0.9 جرم زمین پافشاری شد (Brouwer در سال 1951)، حتی تا دهه 1960. از اینکه چگالی بدست آمده به طور غیر ممکن بزرگ بود نگران شدند، بنابراین ویپل مطرح کرد که آشفته‌گی‌ها ممکن است در عوض از یک حلقه از اجرام دنباله‌دار یخی آمده باشد، که پلوتو تنها یک عضو از آن است. او دریافت که ممکن است یک حلقه از مواد با جرم 10 تا 20 برابر جرم زمین در فاصله 40 تا 50 واحد نجومی از خورشید وجود داشته باشند (یکی از راه‌حل‌های مختلف که ممکن بود با رصدها مطابقت کنند) و او تأکید کرد بر اینکه به وسیله اندازه‌گیری‌های بهتر مدارهای اورانوس، نپتون و پلوتو تست شود. فرض کرد که حلقه دنباله‌دار شامل اجرامی شود از قطر بیشتر از 1 کیلومتر، بازتاب سطحی 0.07 در یک صفحه با 2 درجه ضخامت در فاصله خورشید مرکزی 40 واحد نجومی، و ویپل محاسبه کرد که حتی با جرم کل 100 برابر جرم زمین، درخشندگی سطحی صفحه درخشانتر از قدر 7 در هر درجه مربع نیست و از این رو در مقابل تابش نور دایره‌البروجی و نور مخالف (پراکندگی نور خورشید بر اثر غبار بین سیاره‌ای) قابل شناسایی نیست. او همچنین اظهار داشت که با یک قدر ظاهری 22، یک جرم منحصر به فرد به بزرگی 100 کیلومتر با تجهیزات در دسترس آن زمان هنوز هم قابل شناسایی نیست.

### 2.2. محدودیت‌های رصدی

در تلاش برای قراردادن موارد بیشتر و دقیق‌تر در جرم حلقه ویپل، Hamid و دیگران در سال 1968 اثر سکولار (عامی-غیر روحانی) آشفته‌گی‌ها در مدار هفت دنباله‌دار دوره‌ای شناخته شده با اوج خورشیدی بیشتر از 30 واحد نجومی مثل یک حلقه را محاسبه کردند. آنها دریافتند که قوی‌ترین آزمون توسط دنباله‌دار هالی ارائه شده است که محاسبات آنها، حاکی از وجود یک کمربند از دنباله‌دارها با جرم بیشتر از 5/0 برابر جرم زمین در فاصله‌ی 40 واحد نجومی و بیشتر از 3/1 برابر جرم زمین در فاصله 50 واحد نجومی بوده است. گرچه محاسبات روی مدارهای دنباله‌دارها به خاطر اثرهای نیروهای غیرگرانشی پیچیده است، اما بعضی باورها بر این است که چون به وضوح تحت تأثیر اثرهای غیرگرانشی قرار نمی‌گیرند، پس نتایج در شرایط آشفته‌گی مداری دنباله‌داری بدست می‌آیند.

با این حال، وجود آشکار آشفته‌گی‌های غیر قابل توضیح در صفحات مداری نپتون و اورانوس به یک نگرانی تبدیل شده بود و باعث نتیجه‌گیری درمورد اجرام ناشناخته‌ای شد با عنوان دنباله‌دارهای باقی مانده، با جرم متوسط که در فاصله 100 واحد نجومی از خورشید (Brady و دیگران)، و پیشنهادات مختلف برای تشخیص این قبیل مواد فرضی داده شد (به عنوان مثال Whipple در سال 1975 و Bailey و همکارانش در سال 1984). به نظر می‌رسد برای اولین بار Bailey نقش اختفای ستاره را به عنوان کاوشگر این اجرام نامرئی در منطقه منظومه خورشیدی بیرونی در نظر گرفت، در فعالیت‌های بعدی یک توزیع چگالی مناسب از دنباله‌دارها در یک توزیع کروی را مورد توجه قرار داد که می‌توانست یک منبع از نیروهای غیر مدل‌سازی شده وابسته به سیاره X باشد، همچنین به عنوان یک منبع بالقوه پتانسیل برای دنباله‌دارهای کوتاه دوره، ما به کشفیات اخیر از حضور سایه‌ها ناشی از اختفای اجرام دورتر با منبع اشعه X در عقب X-1 توجه داشتیم (Chang و همکارانش در سال 2006) و به همین ترتیب تشخیص ظاهری اجرام دورتر در طول موج‌های مرئی انجام شد به وسیله دوربین ULTRACAM با سرعت بالا که بر روی تلسکوپ 2/4 متری ویلیام هرشل نصب شده است (به وسیله Roques و همکارانش در همان سال).



رویکرد دیگر توسط Jackson و Killen گرفته شد (1988). آنها در نظر گرفتند که شار مادون قرمز بالا که به وسیله گرد و غبار در طول خرد شدن اجرام به تکه‌های کوچکتر از طریق برخورد متقابل ساطع می‌شود، قابل تشخیص باشد. گرچه آنها پذیرفته بودند که تعدادی از پارامترهای آزاد نتیجه‌گیری‌ها را از مدل‌ها دشوار می‌سازد و تشخیص گرد و غبار منظومه خورشیدی در داده‌های گرفته شده به وسیله IRAS یا COBE دشوار است، با این وجود مشاهدات زیرمیلیمتری از صفحه‌های سرد گرد و غبار در اطراف دیگر ستاره‌های تازه تخم‌ریزی شده، منطقه‌ای جالب توجه برای پژوهش است. بنابراین، در طول دهه 1960 تا اواسط دهه‌ی 1980، بسیاری از نویسندگان بررسی مدل‌های مختلف برای یک توزیع چگالی دنباله‌دارهای فرانپتونی (به عنوان مثال Cameron در سال 1962 و ...) را آغاز کرده بودند و بررسی اندیشمندانه از موقعیت تا حدود 1990 به وسیله‌ی Hogg و همکارانش ارائه شد. بعد از آن خیلی زود تجزیه و تحلیل‌ها از داده‌های ماموریت ویجر (Standish در سال 1993) انجام شد و در نهایت به وضع سیاره‌ی ایکس Lowell باقی ماند. او به این نتیجه رسید که در صورتی که مقادیر استفاده شده برای جرم‌ها و پارامترهای مداری سیارات شناخته شده، صحیح استفاده شده باشند، هیچ مدرکی برای هیچ جرم قابل توجهی در منظومه خورشیدی بیرونی مشاهده نشد.

### 3.2. دنباله‌دارهایی از خانواده مشتری (مشتری گون)

مشکل بدست آوردن منشأ تعداد زیادی از دنباله‌دارهای کوتاه دوره (دنباله‌دارهایی با دوره تناوب کمتر از حدود 20 سال، اغلب با عنوان دنباله‌دارهایی از خانواده مشتری شناخته می‌شوند) برای یک قرن یا بیشتر پیش‌بینی‌های تئوری مبنی بر اسیر کردن کلاسیکی دنباله‌دارها با شار نزدیک به سهموی را سردرگم کرده بود. مشکل کلیدی در بازده فرآیند جذب قرار دارد، به عنوان مثال چه تعداد دنباله‌دارهای کوتاه دوره از شار بلند دوره در رصدها تولید شده است. کارهای تحلیلی (به عنوان مثال نیوتن در سال 1878) اثبات کرده بودند که رصد دنباله‌دارهای کوتاه دوره به در مسیرهای سهموی وار نزدیک به مدار مشتری غیر ممکن است. با ابداع ابزارهای قدرتمند در دهه 1970، به طور فزاینده‌ای متمرکز شدند بر روی فرآیندهای ذخیره‌سازی جذب دنباله‌دارهای کوتاه-تناوب به وسیله تکامل تدریجی و تصادفی: یا انتشار انرژی مداری (به عنوان مثال Everhart, 1972) و یا یک فرآیند پیچیده تر. دوم شامل تبادل فاصله‌ی حضيض و اوج خورشیدی جرم به عنوان یک نتیجه از مسیرهای فوق العاده نزدیک سیاره (Stromgren, 1947) که منجر به صدور دنباله‌دارها در منظومه خورشیدی بیرونی از یک سیاره به سیاره دیگر می‌شود (Vaghi, 1973 و Everhart در سال 1976 و 1977). فعالیت Everhart در تحولات دینامیکی از مدارهای نزدیک به سهمی و کوتاه-تناوب (انواع خانواده مشتری)، متمرکز شده بود روی اهمیت قانونی که منطقه جذب نامیده می‌شد. این نشان داد که اکثریت دنباله‌دارهای کوتاه-تناوب به نظر می‌رسد از یک منطقه نسبتاً باریک از فضای فاز سرچشمه می‌گیرند، به عنوان مثال، از مدار نزدیک به سهمی با فاصله حضيض خورشیدی اولیه (q) در محدوده‌ی 4-6 واحد نجومی و تمایل‌های مداری کم اولیه ( $i < 9^\circ$ )، احتمال جذب از تمام قسمت‌های صفحه (i و q) بسیار کم می‌شود. با توجه به بررسی‌های دقیق اورهارت، تأثیر جاذبه مشتری و اندازه کمتر جاذبه زحل، در جذب مدارهای کوتاه دوره از 7/0% از شار اصلی نزدیک به سهمی در این منطقه، در زمانی که آنها 2000 بار از خورشید دور بودند، نتیجه داده است.

اگرچه اورهارت دقت داشته است به اینکه این حالت تنها تصویر تکاملی نیست (موضوع تعداد مدارها قبل از اینکه جذب دینامیکی اتفاق بیوفتد نیز مورد توجه قرار گرفته بود)، یک مقاله مؤثر نسبتاً بد با استدلال متقابل توسط Joss (1973) ارائه شد. مسلماً بازده کم از فرآیند آشفستگی به وسیله اورهارت اثبات شد و این واقعیت که تمایلات مداری کمتر از 9 درجه محاسبه شد تنها برای کسر خیلی کوچکی از شار همسانگرد نزدیک به سهمی (حدود 6/0 درصد) مشاهده شد، Joss نشان داد که هنوز تعداد کمی از دنباله‌دارهای کوتاه دوره در حالت‌های پایدار پیش‌بینی شده بود. پس، نه انتشار و نه جذب به وسیله یک مسیر منفرد نزدیک به مشتری به نظر می‌رسید قادر به توضیح تعداد دنباله‌دارهای مشاهده شده از خانواده مشتری نباشد، حداقل از مشاهده شار نزدیک به سهمی. او به سادگی نتیجه گرفت (و دقیقاً) که منشأ دنباله‌دارهای کوتاه دوره درک نشده است.

رویگرد دیگری توسط Fernandez (1980) برجسته شد. او نشان داد که اگر دنباله‌دارهای خانواده مشتری مشاهده شده از شار نزدیک به سهمی در یک حالت پایدار و همسانگرد نشأت گرفته باشد، این فرآیند بسیار ناکارآمد است و منجر به فقدان ابر اورت (و سیستم‌های سیاره‌ای) بیش از  $10^{12}$  دنباله‌دار طولانی‌پریود که حتی بیشتر از سن منظومه خورشیدی است. این زمان بیشتر از تعداد کل دنباله‌دارهایی است که تا حالا وجود داشته‌اند. این مطلب او را بر آن داشت که منبع جدیدی برای دنباله‌دارهای با دوره تناوب کوتاه در نظر بگیرد، بنام کمربند فرانپتونی که توسط ویپل و همکارانش معرفی شد، ضمناً مکان اجرام یخی کوچک حلقه (دنباله‌دارها و سیارک‌ها) بین 35 تا 50 واحد نجومی از خورشید است.

نوآوری کلیدی دوم توسط فرناندز به منظور تخمین میزان انتشار مداری به عنوان نتیجه‌ای از برخوردهای گرانشی تصادفی بین دنباله‌دارها و سیارک‌ها ساخته شد. بازده واقعی برای پراکندگی اجرام در عبور از مدار نپتون، به طوری که می‌توانست در تغییر جهت آنها تأثیر بگذارد و به مدارهای کوتاه دوره تزریق‌شان کند توسط فرآیند صدور پی در پی که در بالا ذکر شد، و این بستگی دارد به جرم بزرگترین عضو (در حدود  $10^{22}$  -  $10^{21}$ ) از توزیع و دیفرانسیل شاخص توزیع جرم (a) در حدود 9/1 - 5/1). همانطور که در حال حاضر ما آموخته‌ایم (Torbett, 1989 و ...). تکامل مداری این اجرام فرانپتونی رانده شده، به وسیله مسیرهای نزدیک و اثرات گرانشی شلوغ و دراز مدت از سیارات خارجی به وجود آمده است، به عنوان مثال، مکانیسم‌های الکترونیکی تحریک با رزونانس‌های متوسط در منطقه سیاره‌های بیرونی. با این حال، با فرض وجود اجرام در اندازه پلوتو در صفحه‌ی فرانپتونی‌ها، فرناندز یک پیشنهاد جسورانه داد که از آن زمان به بعد برای آزمون ایستاده است. بعد از این کار پیشقدمانه، فرناندز یک سری پروژه‌های مشترک با W.-H. Ip را در تکامل مداری سیارک‌های یخی در مناطق اتحاد سیارات بیرونی شروع کرد. با استفاده از روش آماری از محاسبات مداری اختراع شده توسط Opik (1951) و Arnold (1965)، کشف آنها از تزریق امثال این سیارک‌های یخی به داخل ابر اورت و بعد بازگشت آنها به منظومه خورشیدی داخلی به عنوان دنباله‌دارهای نزدیک به سهمی انجام شد (Fernandez and IP, 1983). یک نتیجه غیر منتظره از مدل‌سازی عددی آنها تلاش مربوط به مهاجرت از زحل، اورانوس و نپتون، در طول مرحله رشد دو سیاره‌ی بیرونی با مهاجرت به درون مشتری همراه شد (Fernandez and Ip, 1984). این فرآیند رانده شدن توسط تبادل گسترده‌ای از انرژی مداری و اندازه حرکت زاویه‌ای پراکنده شده‌ی گسترده‌ی سیارک‌ها به وجود می‌آید، که دارای جرم کل قابل مقایسه با سیارات بزرگ هستند.

همانطور که در زیر بحث شده است، چنین فرآیند مهاجرت مداری بر مبنای نظریه Malhotra در سال 1995 برای مکانیسم تله از پلوتو و سایر اجرام فرانپتونی در رزونانس حرکتی متوسط 2:3 با نپتون (در اصطلاح پلوتونی‌ها) شکل گرفته است.

#### 4.2. کمربند کوبپر

یک مسیر دراز با ترکیب کردن مدارهای هزاران دنباله‌دار برای بازه‌های زمانی قابل مقایسه با سن منظومه خورشیدی شروع شد، اما با تمرکز روی یک سوال جدید، بنام توزیع تمایلات مداری دنباله‌دارهای کوتاه-تناوب. با توجه به روند جذب گرانشی با حفظ تمایلات مداری از دنباله‌دارهای اسپر شده، حداقل در یک مفهوم آماری، Duncan و همکارانش (1988) پی بردند که جذب از یک شار نزدیک به سهمی همسانگرد به تولید دنباله‌دارهای کوتاه-تناوب تمایل دارد با یک گسترش عریض تمایلات از مشاهده شده‌ها. سوالی که کنار نشسته است این است که چگونه مدارهای زیادی احتیاج است برای جذب دینامیکی برای مدارهای بلند دوره به محل (فرآیند کلی طولانی‌تر می‌شود برای مدارهای پس‌رونده با تمایلات مداری بزرگ از انواع مستقیم کم شیب)، آنها به این نتیجه رسیدند که به طور کلی تمایلات کم از اکثر دنباله‌دارهای کوتاه دوره با پریود کمتر از 200 سال‌نوری به یک توزیع مسطح از مدارهای منبع نیاز داشت. این برخلاف نتایج حاصل از کار Everhart، که تمرکز کرده بود روی دنباله‌دارهایی با دوره تناوب مداری کمتر از دوازده سال بود. به طور خاص، آنها پیشنهاد کردند که دنباله‌دارهای کوتاه دوره مشاهده شده باید از مخزن دنباله‌داری تمایل مداری کم نزدیک به مدار نپتون تغذیه شوند. آنها پیشنهاد نام‌گذاری منطقه کمربند کوبپر را دادند، اما Tremaine اشاره کرد به زمانی که مقاله نوشته شده بود آنها آشنا نبودند با کار Edgeworth. به منظور کاهش مقدار زمانی که کامپیوتر برای یکپارچگی مستقیم تکامل مداری احتیاج دارد، Duncan و همکارانش در سال 1988، افزایش دادند جرم سیارات غول بیکر را به وسیله یک عامل  $m=40$  در بعضی موارد، با این استدلال نتیجه قابل توجهی از سهم نسبی جذب اجرام از تمایلات مداری کم در مقابل تمایلات مداری زیاد. اگرچه نتایج آنها برای مطابقت با نتیجه‌های گرفته شده از تئوری انتشار استاندارد (e.g. Stagg 1989) شکست خورد، پس از آن بر روی استفاده از فاکتور افزایشدهنده جرم سیاره‌ای نسبتاً کوچک  $m=10$  کار شد (Quinn و همکارانش 1990) به علاوه شبیه‌سازی‌های کامل‌تری پایه‌ریزی شد براساس برنامه‌های محاسباتی Opik-Arnold (IP و Fernandez 1991)، اما (cf Bailey)، که برای مطابقت با اعتبار تخمین به وجود آمده است. پس، با وجود تحقیقات بعدی (Manara) بر روی اثری که حتی  $m=10$  به طور چشمگیری روی توزیع متناوب تغییرات انرژی مداری در هر چرخش و منحرف کردن به سمت تحول دینامیکی طولانی‌زمان (Everhart, Duncan و همکارانش به نتیجه کلیدی رسیدند - احتیاج برای یک منبع توزیع مسطح اولیه برای توضیح تمایلات مداری کم در دنباله‌دارهای خانواده مشتری - به طور محکم رسمی شد.



مترجم: فرشته نوکلی

Translation to Farsi: F. Tavakkoli



# The Early Development of Ideas Concerning the Transneptunian Region

John K. Davies (UK Astronomy Technology Centre)  
John McFarland and Mark E. Bailey (Armagh Observatory)  
Brian G. Marsden (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics)  
Wing-Huen Ip (National Central University, Taiwan)

We review the history of the prediction of, and searches for, a population of comets and transneptunian planetesimals. Starting with initial speculations before and after the discovery of Pluto, we examine various predictions by Edgeworth, Kuiper, and others on the existence of such a population and review the increasingly sophisticated theoretical efforts that eventually showed that the number of short-period comets requires that an ecliptic transneptunian population exists. We then recount various search programs that culminated in the discovery of the first few transneptunian objects and led to the realization that this region is dynamically much more complicated than first suspected and has important links both to Centaurs and the dense inner core of the Oort cloud.

## 1. FIRST QUANTITATIVE APPROACHES

### 1.1. Edgeworth

A more comprehensive approach to the problem was made by the independent Irish astronomer Kenneth E. Edgeworth (McFarland, 1996) during the 1930s. After a successful military and civilian career, Edgeworth retired to his family home in Ireland and began developing his ideas on the cosmogony of the solar system. This work, "The Evolution of the Solar System," culminated in a manuscript submitted for publication in 1938 (McFarland, 2004), which essentially developed the very old idea [dating back, at least, to Kant's (1755) *Universal Natural History and Theory of the Heavens*] that the formation of planets could be understood as a consequence of the accumulation of numerous smaller bodies, or condensations, in a protoplanetary disk that extended far beyond the known planetary orbits. Edgeworth's manuscript lay in the hands of several publishing houses (e.g., George Allen and Unwin Ltd., Methuen and Co. Ltd.) as early as the spring of 1938. It also reached several leading astronomers of the day. For example, at the suggestion of R. A. Lyttleton, a copy was sent by F. J. M. Stratton to W. J. Luyten, who commented favorably upon Edgeworth's approach to the problem in a personal communication to the latter (Luyten, 1938).

His published work (Edgeworth, 1943, 1949) appears to have been the first quantitative investigation into the possible existence of a vast number of potential comets in an ecliptic annulus beyond the orbits of Neptune and Pluto. Postulating a primordial disk of gas and small particles orbiting around an already well-developed Sun, he proposed, in what was a very early discussion of the effects of viscous and tidal forces on the dissipation of angular momentum in the protoplanetary disk, that if the system was sufficiently dense to cause it to condense into various subregions, then these would coalesce to form the major planets.

On the outskirts of the system, however, beyond Neptune and Pluto, the density of the disk would be lower and the condensation processes that formed the major planets would have insufficient time to operate fully and form large single planets. Thus, again following ideas that can be traced to Kant's cosmogony, Edgeworth noted that owing to the decrease of density in the outskirts of the nebula and the lower velocities of condensations in this region, the rate of growth of individual bodies would decrease rapidly with increasing heliocentric distance (cf. Bailey, 1994).

In this way, Edgeworth calculated that at great distances the condensation processes would produce a system comprising a very large number of relatively small "heaps of gravel" that would survive to the present day. He felt that if these bodies were seen at close quarters they would appear as partially condensed clusters composed of a small nucleus with a concomitant Saturn-like disk (Edgeworth, 1961). These bodies would become visible as observable comets if perturbed on to Sun-approaching orbits.

In his unpublished manuscript (Edgeworth, 1938), he also made order-of-magnitude calculations of the approximate number and sizes of the potential comets beyond Neptune, first for a total mass in the annulus of  $0.33 M_{\oplus}$  and then for  $0.1 M_{\oplus}$ . These calculations yielded figures of 200 million and 2000 million objects with individual masses of about  $2 \times 10^{-9} M_{\oplus}$  and  $5 \times 10^{-11} M_{\oplus}$ , respectively, i.e., they would be smaller and more numerous than most of the then-known minor planets in the main asteroid belt. The annulus, Edgeworth reasoned, extended from about 65 AU to perhaps over 260 AU and he felt that these numbers and sizes matched those required to replenish the continual loss of comets (Edgeworth, 1938).

From his calculations, Edgeworth concluded that Neptune represented the limiting case for the formation of a single large planet in the outer solar system. Unless there was considerably more mass than seemed reasonable in the transneptunian disk, it would be impossible to form a single large transneptunian planet. The status of Pluto, in Edgeworth's mind, appeared to alternate between that of a planet and that of an escaped satellite of Neptune. Of Pluto, he wrote: "Pluto, the latest addition to our list of members of the solar system, is too small to be classed as a major planet, in spite of its position; it has been suggested that it is an escaped satellite of Neptune's and we shall find in due course that there are good reasons for placing it in that category" (Edgeworth, 1938). In making this remark he was presumably referring to the paper of Lyttleton (1936) on a possible origin for Pluto. Later, in his book (Edgeworth, 1961), he sometimes ranks it among the planets. Overall, Edgeworth had a remarkably interesting and productive life and many of his astronomical ideas anticipated future developments. Given his "amateur" position, it is difficult to know the extent to which his quantitative analysis would have influenced other key workers in the field, which at the time was in a highly fluid state. Nevertheless, it is clear that he had a firm grasp of the problem and a variety of independent views, and it has been argued (e.g., Brück, 1996; McFarland, 1996, 2004; Green, 1999, 2004) that his work should be given greater credit.

## 1.2. Kuiper

A second significant contribution to the study of the origin of the solar system came from Gerard P. Kuiper (for a biography, see Cruikshank, 1993) in a paper published in a symposium to mark the progress of astrophysics during the half-century since the establishment of the Yerkes Observatory (Kuiper, 1951a). Although Kuiper (1951b) states that this symposium paper had been submitted for publication in November 1949 and was given limited circulation in February 1950, he evidently had time to include discussion of both Oort's (1950) and Whipple's (1950a,b) seminal papers, published in the first quarter of 1950. In his section entitled "Comets and Unknown Planets," Kuiper considered the fate of a belt of nebular material beyond Neptune and extending as far as Pluto's aphelion distance (i.e., from approximately 38 AU to 50 AU). He assumed that the temperature in this relatively stable region was low enough for water vapor, methane, and ammonia to condense first to form "snowflakes" and then objects a few tens of centimeters across (see also Kuiper, 1956). He stated that these "snowballs" would continue to combine even long after the dissipation of the solar nebula, so that after a gig year, the average size of the bodies would be in the region of 1 km across, with the largest ones perhaps up to 100 km across.

If the belt of material had a mass of  $5 \times 10^{24}$  kg, Kuiper estimated that this would agree with Oort's (1950) estimate of .1011 members of total mass  $10^{24}$  kg in his giant spheroidal comet reservoir.

Kuiper's work resonated with Whipple's icy conglomerate picture for the cometary nucleus (Whipple, 1950a,b), although it was developed apparently quite independently of Whipple's work. Kuiper felt that comets had probably not been formed between Mars and Jupiter, as Oort had speculatively suggested, but postulated instead that many of these "snowballs" could be delivered by Pluto's perturbations first toward Neptune and then by further planetary perturbations, including those of Jupiter, into Oort's "comet trap" (cf. .pik, 1932). This mechanism required Pluto to have a mass in the range 0.1–1.0  $M_{\oplus}$ , which, although later disproved by the discovery of Charon (Christy and Harrington, 1978), was widely believed at this time. Kuiper concluded that the comets we see today were sent from the giant cometary cloud into the inner solar system by Oort's mechanism of random perturbations by passing stars, which had resulted in their isotropic distribution of directions of approach. Beyond Pluto's aphelion distance of 50 AU, where its dynamical sweeping would be negligible, Kuiper reintroduced the important idea, dating from the previous generation, that a primordial belt of residual nebular material may still exist, and be populated by comets. Kuiper also considered that the fragility of comets and their tendency to disintegrate into small meteoroids was in accord with this scenario.

## 2. COMET BELT

### 2.1. Whipple and a Comet Ring

Although Pluto's intrinsic faintness and measurements by Kuiper of its angular size suggested an object having no more than half the diameter of Earth, attempts to determine its mass from its perturbations on other bodies in the outer planetary system persisted in giving figures as large as 0.9  $M_{\oplus}$  (Brouwer, 1951), even into the 1960s. Concerned that the resulting density was impossibly large, Whipple (1964a,b) considered that the perturbations might instead come from a ring of icy cometary bodies, of which Pluto would merely be one member. He found that a ring of material having 10–20  $M_{\oplus}$  at a solar distance of 40–50 AU was one of a number of nonunique solutions that might fit the observations, and he urged that this be tested by better determinations of the orbits of Uranus, Neptune, and Pluto. Supposing that the comet ring consisted of objects of diameter more than 1 km and albedo 0.07 in a disk 2° thick at heliocentric distance 40 AU, Whipple calculated that, even with a total mass of 100  $M_{\oplus}$ , the surface brightness of the disk would be no brighter than 7th magnitude per square degree and therefore undetectable against the glow of the zodiacal light and the gegenschein.

He also remarked that, with an apparent magnitude of 22, an individual body as large as 100 km across would still not be detectable with the instrumentation available at the time.

## 2.2. Observational Constraints

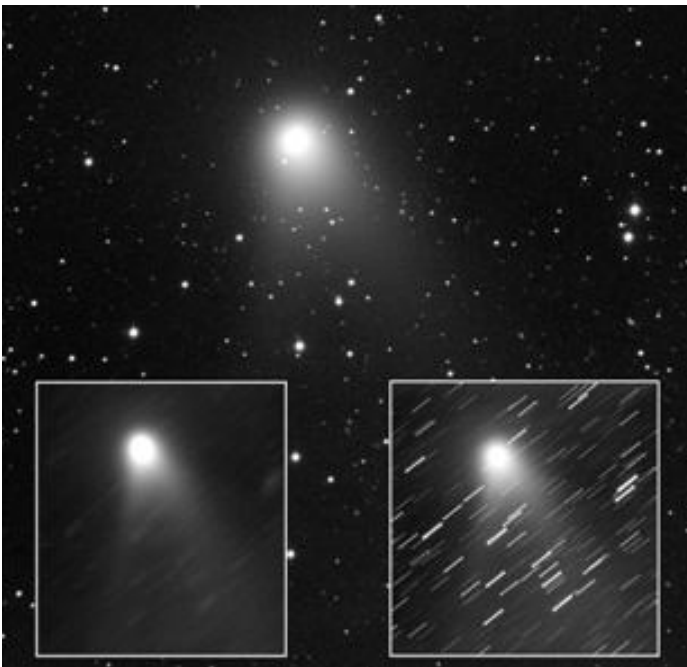
In an attempt to place more exacting demands on the mass of the Whipple comet ring, Hamid et al. (1968) computed the effect of the secular perturbations of such a ring on the orbits of seven known periodic comets with aphelia greater than 30 AU. They found that the strongest test would be provided by Comet 1P/Halley, and that their calculations did not support the existence of a comet belt of more than  $0.5 M_A$  to a distance of 40 AU and of more than  $1.3 M_A$  to 50 AU. Although the computation of cometary orbits is complicated by the effects of no gravitational forces, there was some credence to a result in terms of perturbations of the cometary orbital planes, because these are not obviously affected by such no gravitational effects. Nevertheless, the apparent existence of unexplained perturbations on the orbital planes of Neptune and Uranus continued to be a worry, and it caused others to conclude that moderately massive unknown planets, as well as comets, remained to be discovered within 100 AU of the Sun (cf. Brady, 1972; Goldreich and Ward, 1972; Seidelmann et al., 1972), and various suggestions were made to detect such hypothetical material (e.g., Whipple, 1975; Bailey et al., 1984). Bailey (1976) appears to have been the first to consider the role of stellar occultations as a possible probe of these “invisible” outer solar system bodies, and in later work (Bailey, 1983a,b, 1986) noted that a suitable density distribution of comets in a spheroidal distribution could be a source of the unmodeled forces previously attributed to “Planet X” as well as a potential additional source for short-period comets. We note the recent detection of apparent “shadows” caused by distant sub-kilometer objects occulting the compact X-ray source Scorpius X-1 (Chang et al., 2006; cf. Jones et al., 2006), and similarly, the apparent detection by Roques et al. (2006) of distant sub-kilometer objects at visual wavelengths using the high-speed ULTRACAM camera mounted on the 4.2-m William Herschel Telescope. Another approach was taken by Jackson and Killen (1988). They considered that the far-infrared flux emitted by dust produced during the grinding down of bodies through mutual collisions might be detectable. Although they admitted that the number of free parameters made drawing any conclusions from their models difficult, and no such detection of solar system dust was ever made in data taken by IRAS or COBE,

Sub-millimeter observations of cool dust disks around other nearby stars have recently spawned a lively area of research. Thus, during the 1960s through the mid-1980s many authors had begun to consider different models for a transneptunian cometary density distribution (e.g., Cameron, 1962; Whipple, 1964b; Safronov, 1969, 1977; Mendis, 1973; .pik, 1973; Biermann and Michel, 1978; Hills, 1981), and thoughtful reviews of the position up to about 1990 were provided by Hogg et al. (1991) and Tremaine (1990). Soon after, however, from a careful analysis of data from the Voyager mission, Standish (1993) appeared finally to lay Lowell’s Planet X to rest. He concluded that there was no evidence for any significant unobserved mass in the outer solar system if correct values were used for the masses and orbital elements of the known planets.

## 2.3. Jupiter-Family Comets

The problem of the origin of the majority of short-period comets — those with periods less than about 20 yr and often described as “Jupiter-family” comets — had confounded, for a century or more, theoretical predictions based on the classical capture of comets from the near parabolic flux. The key difficulty lay in the efficiency of the capture process, i.e., how many short-period comets would be produced from the observed long-period flux. Analytic work (e.g., Newton, 1878) had demonstrated that it was impossible to produce the observed number of short-period comets as a result of single close approaches of objects in nearly parabolic orbits to Jupiter. The introduction of powerful new computational tools during the 1970s, however, increasingly focused attention on the process of gravitational capture of comets into short-period orbits by a more gradual random-walk evolution: either “diffusion” of orbital energy (e.g., Everhart, 1972) or a more complex process. The latter would involve the exchange of an object’s perihelion and aphelion distances as a result of exceptionally close planetary approaches (Stromgren, 1947), leading to the “handing down” of comets in the outer solar system from one planet to another (e.g., Kazimirchak-Polonskaya, 1972, 1976; Vaghi, 1973; Everhart, 1976, 1977). Everhart’s work (e.g., Everhart, 1972) had highlighted the important role of the so-called “capture zone” in the dynamical evolution of nearly parabolic orbits to short-period, Jupiter-family types. This showed that the majority of captured short-period comets appeared to originate from a rather narrow region of phase space, i.e., from originally nearly parabolic orbits with initial perihelion distances,  $q$ , in the range 4–6 AU and initially low ( $i < 9^\circ$ ) inclinations, the capture probability from all other parts of the ( $q, i$ ) plane being much smaller.

According to Everhart's detailed investigations, the gravitational influence of Jupiter, and to a lesser extent that of Saturn, resulted in the capture to short-period orbits of 0.7% of the original near-parabolic flux within this region by the time they had orbited the Sun 2000 times. Although Everhart had been careful to state that this was not the only evolutionary picture (and the issue of the number of orbits before dynamical capture had occurred was also an important consideration), an influential paper by Joss (1973) provided a rather damning counterargument. Given the low efficiency of the perturbative process demonstrated by Everhart, and the fact that inclinations less than  $9^\circ$  account for only a very small fraction (some 0.6%) of the observed isotropic near-parabolic flux, Joss showed that the predicted steady-state number of short-period comets was still too small. Thus, neither "diffusion" nor capture by a single close approach to Jupiter seemed capable of explaining the observed number of Jupiter-family comets, at least from the observed near-parabolic flux. He concluded simply (and correctly!) that the origin of short-period comets was not then understood.



Another approach was highlighted by Fernandez (1980). He showed that if the observed Jupiter-family comets originated from a steady-state isotropic nearly parabolic flux, the process was so highly inefficient that it should have led to the loss from the Oort cloud (and the planetary system) of more than 1012 long-period comets over the age of the solar system.

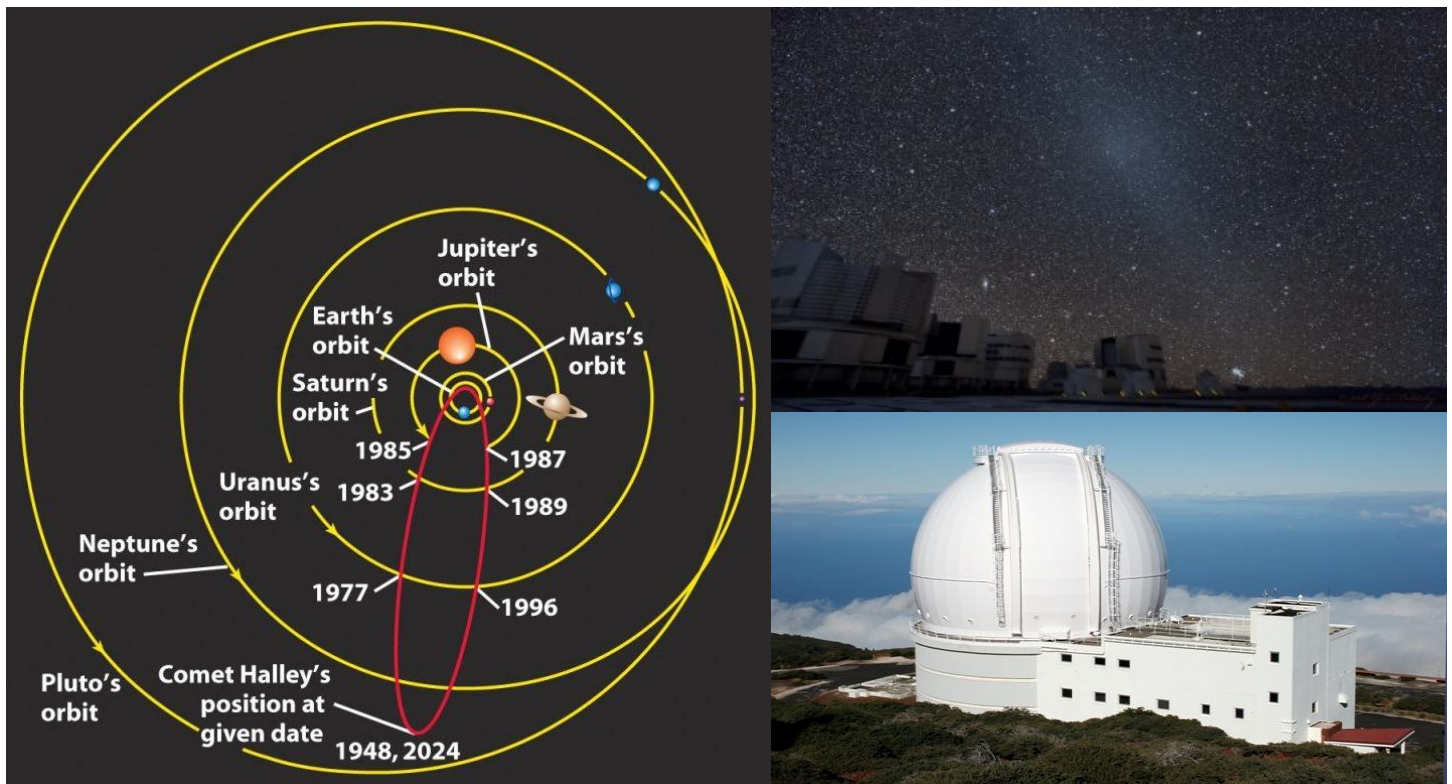
The second key innovation made by Fernandez was to estimate the rate of orbital diffusion as a result of random gravitational encounters between the comets and planetesimals. The actual efficiency for scattering the bodies on to Neptune-crossing orbits, so that they could in turn be injected on to short-period orbits by the sequential "handing down" process mentioned above, depends on the mass ( $M_{\text{max}} \sim 10^{21} - 10^{22}$  kg) of the largest member of the distribution and the differential mass-distribution index ( $\alpha \sim 1.5 - 1.9$ ). As we have now learned (Torbett, 1989; Torbett and Smoluchowski, 1990; Duncan et al., 1995), the orbital evolution of these transneptunian objects is driven both by such close approaches and the long-term chaotic gravitational effects of the outer planets, for example, the e-i excitation mechanisms associated with mean-motion resonances in the outer planetary region. Nevertheless, by postulating the existence of Pluto-sized objects in the transneptunian disk, Fernandez made a bold suggestion that has since stood the test of time. After this pioneering work, Fernandez began a series of collaborative projects with W.-H. Ip on the orbital evolution of icy planetesimals in the outer planetary accretion zones. Making use of the statistical method of orbital calculation invented by .pik (1951) and Arnold (1965), they explored the injection of such icy planetesimals into the Oort cloud and their subsequent return to the inner solar system as near-parabolic comets (Fernandez and Ip, 1981, 1983). An unexpected result from their numerical modeling effort concerned the outward migration of Saturn, Uranus, and Neptune, accompanied by the inward migration of Jupiter, during the accretion phase of the two outer planets (Fernandez and Ip, 1984). This process is driven by the extensive exchange of orbital energy and angular momentum of the widely scattered planetesimals, which have total masses comparable to that of the major planets. As discussed below, such an orbital migration process has formed the theoretical basis (Malhotra, 1995) for the trapping mechanism of Pluto and other transneptunian objects in the 2:3 mean-motion resonance with Neptune (the so-called "Plutinos").



Kuiper



Edgeworth



## 2.4. Kuiper Belt

A major departure came not just with the potential to integrate the orbits of thousands of comets for timescales comparable to the age of the solar system, but with the focus on a new question, namely the distribution of the inclinations of the short-period comets. Noting that the process of gravitational capture should roughly conserve the orbital inclinations of the captured comets, at least in a statistical sense, Duncan et al. (1988) found that capture from an initial nearly isotropic parabolic flux would tend to produce short-period comets with a much broader spread of inclinations than are observed. Setting aside the question of how many orbits would be required for the dynamical capture from long-period orbits to take place (the process would generally take longer for high-inclination retrograde orbits than for low-inclination direct types), they concluded that the generally low inclinations of the majority of “short period” comets with periods less than 200 yr required a flattened distribution of source orbits. This was contrary to the results of Everhart, who had focused on comets with orbital periods less than a dozen years. In particular, they proposed that the observed short-period comets must be fed from a low-inclination cometary reservoir close to the orbit of Neptune. They proposed naming the region the “Kuiper belt,” but Tremaine has since noted that when the paper was written they were unfamiliar with the work of Edgeworth.

For a review of the later discussion surrounding the name “Kuiper belt,” see Davies (2001) and Fernandez (2005).

In order to reduce the amount of computer time required for these direct integrations of orbital evolution, Duncan et al. (1988) had increased the masses of the giant planets by a factor. = 40 in some cases, arguing that this should not significantly affect the relative proportions of objects captured from initially low vs. high inclinations. Although their results failed to conform with those derived from standard “diffusion” theory (e.g., Stagg and Bailey, 1989), subsequent work using the rather smaller planetary mass-enhancement factor. = 10 (Quinn et al., 1990), as well as complementary simulations based on the .pik-Arnold computational scheme (Ip and Fernandez, 1991; but cf. Bailey, 1992), appeared to confirm the validity of the approximation. Thus, in spite of later investigations (e.g., Manara and Valsecchi, 1992; Valsecchi and Manara, 1997) to the effect that even. = 10 would significantly affect the frequency distribution of orbital energy changes per revolution and so distort the long-term dynamical evolution (cf. Everhart, 1979), Duncan et al.’s (1988) key result — the need for a flattened initial source distribution to explain the observed low-inclination Jupiter-family comets — became firmly established.

# نورسنجی و نمودار O-C دوتایی گرفتی V1191 Cyg

استادنژاد، ستاره‌آید<sup>2</sup>، دلبند، معصومه‌آید<sup>2</sup>، حسن زاده، امیرآید<sup>3</sup>

<sup>1</sup> کارگروه متغیرهای گرفتی قسمت خاورمیانه‌ای مجمع جهانی زمان‌سنجی اختفاهای نجومی (IOTA/ME)

<sup>2</sup> بخش فیزیک دانشگاه شیراز

<sup>3</sup> موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

## مقدمه

ستاره متغیر V1191 Cyg یک دوتایی گرفتی از نوع W Ursae Major با پریود کوتاه از مرتبه 0.31 روز است که در سال 1965 توسط Mayer به عنوان متغیر گرفتی مشاهده گردید [1]. نخستین مطالعه نورسنجی این سیستم، توسط Pribulla در سال 2005 به کمک CCD و در فیلترهای BVRI انجام شد که منجر به استخراج بعضی از

پارامترهای ستاره، از جمله  $q = 0.94$  و  $i = 80.4^\circ$  گردید [2]. در سال 2011، Zhu و همکارانش رده طیفی ستاره را F6 V گزارش کردند و پارامترهای مطلق آن را به روش نورسنجی و طیف‌سنجی ارائه نمودند. بررسی و تحلیل زمان‌های کمینه، تغییرات تناوبی پریود مداری سیستم را نشان می‌دهد که علت تناوبی بودن آن را، می‌توان فعالیت‌های مغناطیسی ستاره و یا احتمال وجود جسم سومی دانست [3]. در این مقاله زمان‌های کمینه گرفت محاسبه و افمری جدید حاصل از مشاهدات، به همراه نمودار O-C ارائه گردیده است. همچنین احتمال وجود جرم سوم بررسی و مقدار آن محاسبه شده است.

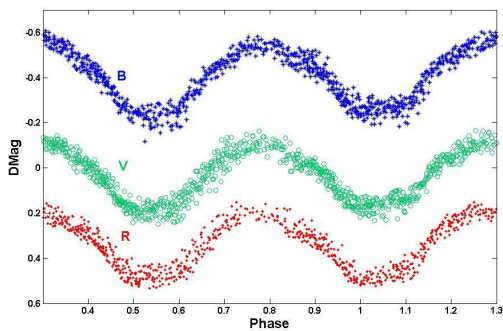
## مشاهده و نورسنجی

مشاهده و رصد متغیر گرفتی V1191 Cyg، در تابستان و اوایل پاییز 2012، در رصدخانه ابوریحان بیرونی دانشگاه شیراز به موقعیت جغرافیایی

$$\lambda = 52^\circ 30' 15'' E, \varphi = 29^\circ 37' 02'' N$$

و با تلسکوپ یازده اینچی اشمیت کاسگرین، مجهز به CCD مدل DSI Pro II در سه فیلتر R، B و V جانسون انجام گرفت. مشاهده در طی 7 شب و با مدت زمان نوردهی 25 ثانیه برای هر تصویر انجام شد. برای استخراج منحنی نوری از داده‌های مشاهداتی، به کمک نرم افزار Maxim DL، دو ستاره‌ی GSC 3159-1409 و GSC 03159-01663 را به عنوان مقایسه و ستاره GSC 03159-01593 را به عنوان ستاره‌ی مرجع انتخاب نمودیم.

برای محاسبه‌ی تغییرات قدر بر حسب فاز و رسم منحنی نوری، برنامه‌ای در محیط برنامه نویسی نرم افزار Matlab تهیه نمودیم که فایل اکسل خروجی برنامه Maxim DL را دریافت و منحنی نوری بر حسب فاز را تهیه و ترسیم می‌کند. برنامه Matlab، برای تبدیل زمان به فاز، از افمری گزارش شده توسط Ekmekci در سال 2012 [4] استفاده نمودیم. شکل 1 منحنی نوری دوتایی V1191 cyg، را که در سه فیلتر BVR به دست آوردیم، نشان می‌دهد.



شکل 1- منحنی نوری متغیر گرفتی V1191 Cyg در فیلترهای BVR

## زمان‌های کمینه‌ی گرفت و افمری جدید دوتایی

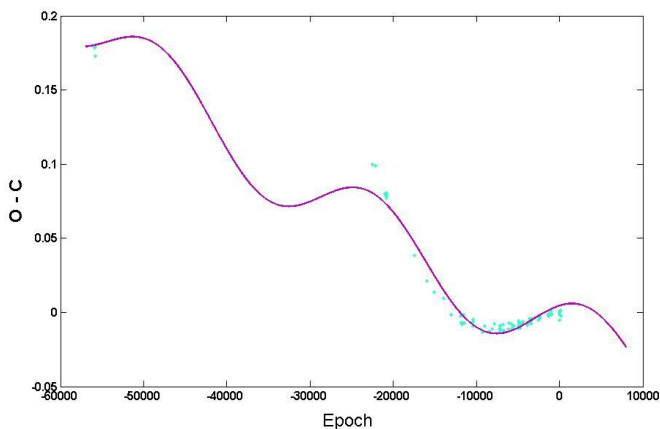
برای تعیین زمان‌های کمینه گرفت، برای هر 7 شب و در هر سه فیلتر، از روش Kwee [5] استفاده شد. با میانگین‌گیری از زمان‌های کمینه جدید و با استفاده از افمری گزارش شده توسط Ekmekci [4]، افمری جدید حاصل از این بررسی‌ها را به صورت زیر به دست آوردیم:

$$HJD \text{ Min } I = 2456154.369493 + 0.31338877 \times E \pm 0.000012 \pm 0.00000012 \quad (1)$$

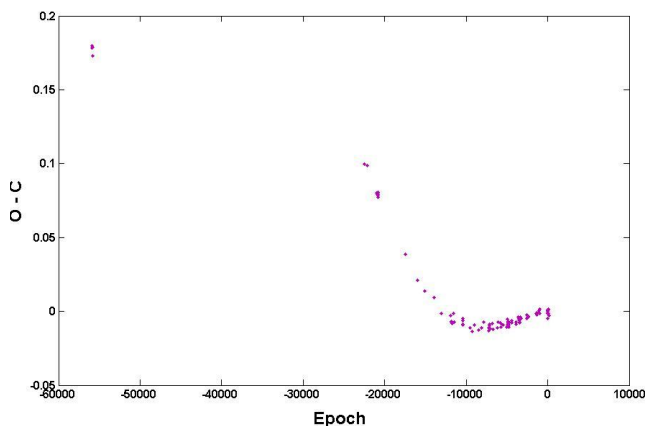
## تحلیل منحنی O-C

با استفاده از افمری جدید (رابطه 1)، و گردآوری زمان‌های کمینه‌گرفتی موجود در سایر منابع که با CCD استخراج شده‌اند، مقادیر O-C محاسبه و نمودار آن رسم گردید (شکل 2). پس از بررسی‌های انجام شده بر روی این نمودار، تابع زیر بر منحنی O-C منطبق گردید:

$$O-C = -0.01592(\pm 0.00548) - 2.649(\pm 0.816) \times 10^{-6} \times E + 0.1716(\pm 0.1528) \times 10^{-10} \times E^2 + 0.02454(\pm 0.00169) \sin[0^\circ.0002476E + 0.9016(\pm 0.0660)] \quad (2)$$



شکل 3- تغییرات منحنی O-C



شکل 2- نمودار O-C

با توجه به رابطه به دست آمده (رابطه 2)، تغییرات دوره تناوب برحسب زمان  $1.28 \times 10^{-7}$  روز بر سال به دست می‌آید. رفتار تناوبی این تغییرات (شکل 3) می‌تواند به دلیل وجود جسم سوم باشد که با این احتمال مقدار جرم آن برابر با  $0.97M_{\odot}$  به دست خواهد آمد.

## مرجع‌ها

1. Mayer, P., 1965. *Bull. Astron. Inst. Czech.*, **16**, 255.
2. Pribulla, T., Vanko, M., Chochol, D., Parimucha, S., & Baludansky, D., Liokumovich, E. m Lu, W., DeBond, H., De Ridder, A., Karmo, T., Rock, M., Thomson, J.R., Ogloza, W., Kaminski, K., Ligeza, P., 2005a. *Ap&SS* **296**,281.
3. Zhu, L.Y., Qian, S. B., Soonthornthum, B he, J.J., Liu, L., 2011. *AJ* **142**, 124.
4. Ekmekci, F., Elmasli, A., Yilmaz, M., Kilicoglu, T., Tanriverdi, T., Basturk, O., Senavci, H. V., Caliskan, S., Albayrak, B., Selam, S. O., 2012. *New Astronomy* **17**, 603E.
5. Kwee, K. K., Van Woerden, H., 1956. *BAN* **12**, 327K.

این مطلب چکیده‌ای از مقاله پایانی این تیم در قالب دپارتمان گرفت IOTA/ME است که در آینده پس از انتشار در نشریه‌ای خارجی به شکل کامل منتشر می‌شود. از همکاری جناب آقای پرفسور نعمت اله ریاضی، ریاست محترم رصدخانه ابوریحان بیرونی دانشگاه شیراز که امکان استفاده از رصدخانه را فراهم نمودند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌کنیم. همچنین از جناب آقای آتیلا پرو رئیس قسمت خاورمیانه‌ای مجمع جهانی زمان‌سنجی اختفاهای نجومی که پروژه فوق با همکاری ایشان و تحت نظارت دپارتمان گرفت (IOTA/ME) و با حمایت‌های مالی سازمان فضایی ایران تحقق و انجام گرفت، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

# Photometry and O-C diagram of V1191 Cyg

S. Ostadnezhad<sup>1,2</sup>, M. Delband<sup>1,2</sup>, A. Hasanzadeh<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> IOTA/ME Department of Eclipsing, <sup>2</sup> Shiraz University, <sup>3</sup> Institute of Geophysics, University of Tehran

## Introduction

The variable star, V1191 Cyg, is an eclipsing binary of W UMA type with short period of 0.31 days, which was observed in 1965 by Mayer as an eclipsing variable [1]. First photometry of this system was performed in 2005 using CCD BRVI by

Pribulla led to extraction of some parameters like  $q = 0.94$  and  $i = 80.4^\circ$  of this variable [2]. In 2011 year, Zhu and his colleagues reported the spectral type of this system to be F6V and derived the absolute parameters using spectroscopic and photometric solutions. The study and analysis of times of light minimum shows a cyclic period variation in the system, that may be caused by the magnetic activity cycles of either the components or the presence of a third body[3]. In this article, we calculated the times of light minimum and derived new ephemeris. The possibility of the existence of a third body and its mass is investigated also.

## Observation and photometry

The observation of V1191 Cyg variable was carried out during 2012 summer and autumn, at Biruni Observatory of Shi-

raz University located at  $\lambda = 52^\circ 30' 15'' E$ ,  $\varphi = 29^\circ 37' 02'' N$  coordinates, using CCD (DSI Pro II) BRV Jonson filters. Observation completed in 7 nights and the exposure time was 25 seconds for each picture. To obtain the light curve by Maxim DL software, we choose GSC 3159-1409 and GSC 03159-01663 as comparison stars and GSC 03159-01593 as the reference one. We prepared a program in Matlab environment to calculate the magnitude variations in phase and obtain the light curve. The input file of our procedure was the output Excel file of Maxim DL, and we obtained the light curve in phase using the 2012 ephemeris of Ekmekci [4] to convert time to phase. Figure 1 shows the obtained light curve of V1191 Cyg in BRV.

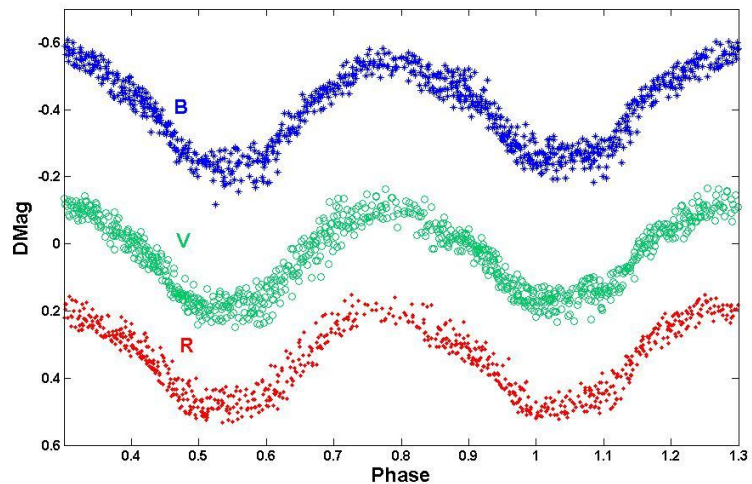


Figure 1- Light curve of V1191 Cyg variable in BVR.

## Times of light minimum and new ephemeris

To find the times of light minimum in all 7 night and every filter, we used Kwee method [5]. After averaging new times and using Ekmekci ephemeris, our new ephemeris was obtained:

$$HJD \text{ Min } I = 2456154.369493 + 0.31338877 \times E \pm 0.000012 \pm 0.00000012 \quad (1)$$



### O-C analysis

Using our new ephemeris and collecting other available data of times of light minimum captured by CCD, the O-C value is derived and the diagram is obtained (fig. 2). Investigating this diagram, we fitted the following function to the O-C curve:

$$\begin{aligned} \text{O-C} = & -0.01592(\pm 0.00548) - 2.649(\pm 0.816) \times 10^{-6} \times E + 0.1716(\pm 0.1528) \times 10^{-10} \times E^2 \\ & + 0.02454(\pm 0.00169) \sin[0^\circ.0002476E + 0.9016(\pm 0.0660)] \end{aligned} \quad (2)$$

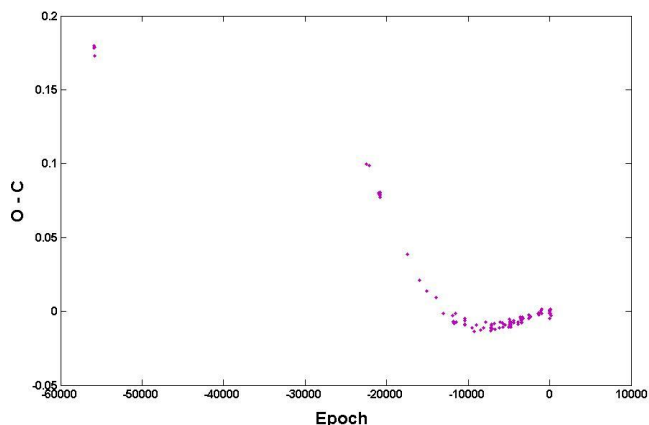


Figure 2

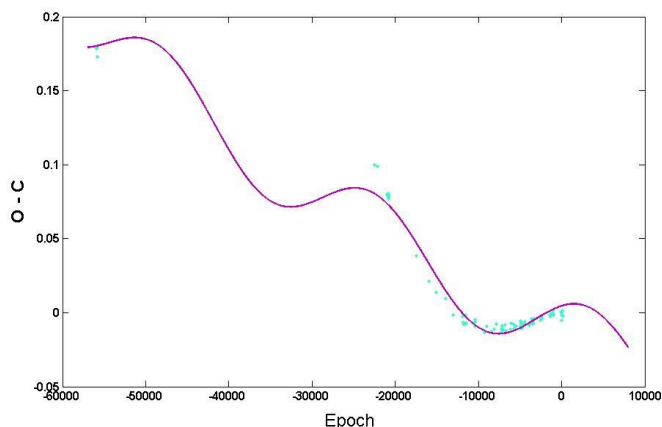


Figure 3

### References:

1. Mayer, P., 1965. *Bull. Astron. Inst. Czech.*, **16**, 255.
2. Pribulla, T., Vanko, M., Chochol, D., Parimucha, S., & Baludansky, D., Liokumovich, E.m Lu, W., DeBond, H., De Ridder, A., Karmo, T., Rock, M., Thomson, J.R., Ogloza, W., Kaminski, K., Ligeza, P., 2005a. *Ap&SS* **296**,281.
3. Zhu, L.Y., Qian, S. B., Soonthornthum, B he, J.J., Liu, L., 2011. *AJ* **142**, 124.
4. Ekmekci, F., Elmasli, A., Yilmas, M., Kilicoglu, T., Tanriverdi, T., Basturk, O., Senavci, H. V., Caliskan, S., Albayrak, B., Selam, S. O., 2012. *New Astronomy* **17**, 603E.
5. Kwee, K. K., Van Woerden, H., 1956. *BAN* **12**, 327K.



This essay is an abstract of the final paper of our team in the Eclipsing Department of IOTA/ME which will be published later in foreign journals completely. We thank Professor N. Riazi, director of Biruni Observatory of Shiraz University, who provides us the equipment of the observatory and we appreciate his kind corporation in this project. Also we thank sincerely Mr. Atila Poro, the president of IOTA/ME, for his corporation in this project which performed on the supervision of Eclipsing Department of IOTA/ME and with financial support of Iran Space Agency.



## تحلیل منحنی نوری و بررسی تغییرات متغیر گزفتی EQ ثور

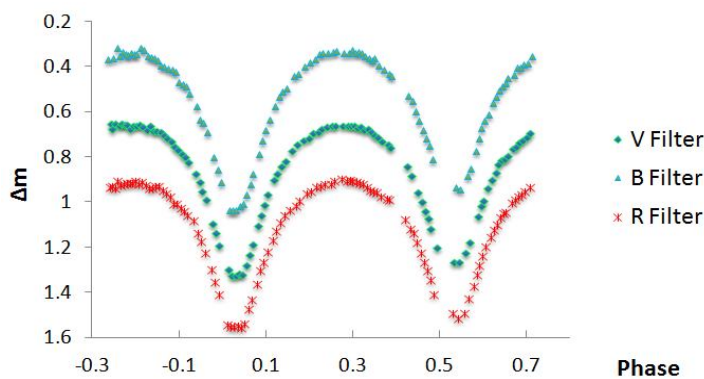
نعمتی، مریم<sup>1</sup>، فارسبان، فریدا<sup>1</sup>، حسن زاده، امیر<sup>2</sup>

<sup>1</sup> کارگروه متغیرهای گزفتی قسمت خاورمیانه ای مجمع جهانی زمان سنجی اختفاهای نجومی (IOTA/ME)

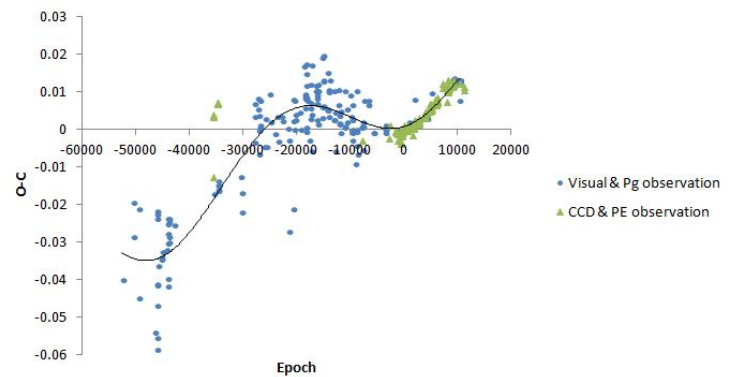
<sup>2</sup> موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

متغیر بودن ستاره EQ ثور در سال 1940 توسط Shapley & Hughes مشخص شد. Tsesevich اولین رصد بصری را در سال 1942 انجام داد. Magalashvili & Kumsishvili منحنی نوری ستاره را از سال 1968 تا 1969 در سال 1971 منتشر کردند. سیستم ستاره EQ ثور، از نوع فوق تماسی است. دوره این ستاره 0.341349 روز و تغییرات قدر این ستاره از 10.5 تا 11.03 ثبت شده است. سرعت شعاعی و نسبت جرمی سیستم بوسیله Rucinski در سال 2001 منتشر شد. Qian و Ma در سال 2001 دوره ی 23 ساله تغییر در مینیمم منحنی نوری بین سال‌های 1973 تا 1996 را مشخص کردند. Pribulla و Van'ko در سال 2001 رصد فتوالکترونیک این ستاره را انجام داده‌اند و منحنی نوری آن را بدست آوردند. Yang و Liu در سال 2002 در دو شب بررسی کامل منحنی نوری BV را بوسیله CCD انجام داده و منتشر کردند. رصد ستاره EQ ثور در تاریخ 21 مهرماه 1391 در رصدخانه مرکز فضایی البرز وابسته به سازمان فضایی ایران واقع در ماهدشت کرج، با تلسکوپ 16 اینچ اشمیت کاسگرین و CCD مدل SBIG 1100 M انجام شده است. زمان نوردهی در این رصد 30 ثانیه بوده است. نورسنجی ستاره ی EQ ثور که جزو ستارگان متغیر گزفتی از نوع W دب اکبر می باشد، در سه فیلتر R, V, B در یک دوره ی کامل بوسیله CCD انجام شده و منحنی نوری آن استخراج شده است. در این مقاله به بررسی تغییرات دوره تناوب به روش کالیمریس پرداخته شده است. نتایج بدست آمده، تغییرات را در یک دوره ی 49 ساله نشان می‌دهد. با توجه به زمان‌های کمینه ی بدست آمده و با استفاده از زمان‌های کمینه ی موجود در دیگر مقالات، تغییرات دوره ی تناوب، بررسی و همچنین با توجه به داده‌های بدست آمده افمری جدید ارائه شده است:

$$T_{min}(HJD) = 52296.70707 + 0.34134713 \times E$$



شکل 1: منحنی نوری به دست آمده در سه فیلتر BVR



شکل 2: منحنی O-C و تابع درجه 6 برازش شده بر آن

مرجع‌ها

1. B.Alton Kevin, 2009, JAAVSO, 37:148-168
2. Hrivnak B.J., W.Lu, J.Eaton, D.Kenning, 2006, AJ, 132:960-966
3. Kalimeris, A., Rovithis-Livaniou, H., & Rovithis, P. 1994, A&A, 282, 775
4. K.Kwee, H.van Woerden, 1956, Bulletin of The Astronomical Institute of Netherland, No 464
5. Magalashvili, N. L., & Kumsishvili, J. I. 1971, Abastumanskaia Astrofiz. Obs.Bull., 40, 2
6. Nelson, R. H. 2004, Inf. Bull. Variable Stars, 5493, 1
7. Pribulla, T., & Van'ko, M. 2002, Contrib. Astr. Obs. Skalnaté Pleso, 32, 79
8. Qian, S., & Ma, Y. 2001, PASP, 113, 754
9. Rucinski, S. M., Lu, W., Mochnacki, S. W., Ogloza, W., & Stachowski, G. 2001, AJ, 122, 1974
10. Shapley, H., & Hughes, E. M. 1940, Harvard Coll. Obs. Annu. Rep., 90, 163
11. Tsesevich, V. P. 1954, Izv. Astr. Obs. Odessa, 4, 3
12. Whitney, B. S. 1972, Inf. Bull. Variable Stars, 633, 1
13. Yang, Y., & Liu, Q. 2002, AJ, 124, 3358



این مطلب چکیده‌ای از مقاله پایانی این تیم در قالب دپارتمان گزفتی IOTA/ME است که در آینده پس از انتشار در نشریه‌ای خارجی به شکل کامل منتشر می‌شود. از جناب آقای آتیلا پرو رئیس قسمت خاورمیانه‌ای مجمع جهانی زمان‌سنجی اختفاهای نجومی که پروژه فوق با همکاری ایشان و تحت نظارت دپارتمان گزفتی (IOTA/ME) و با حمایت‌های مالی سازمان فضایی ایران تحقق و انجام گرفت، کمال تشکر و قدردانی را داریم.



# Light Curve Analyze and Variation Study of EQ Tauri

M. Nemati<sup>1</sup>, F. Farsian<sup>1</sup>, A. Hasanzadeh<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> IOTAME Department of Eclipsing, <sup>2</sup> Institute of Geophysics, University of Tehran

The eclipsing binary EQ Tau was discovered to be a variable star by Shapley & Hughes (1940). Tsevevich (1954) presented visual observations from 1942, and Magalashvili & Kumsishvili (1971) presented light curves from 1968 to 1969. System of EQ Tauri known as an overcontact system. Period of this star is 0.341349 day and variable of magnitude in visual is 10.5-11.03.

Following the publication of an accurate radial velocity and mass ratio study by Rucinski et al. two photoelectric light-curve studies of EQ Tau have been published. Pribulla & Van'ko (2002) obtained BV light curves over four nights in 2000 December through 2001 February. Yang & Liu (2002) obtained complete BV light curves on two nights in 2001 November and December.

Observation of EQ Tau were made on one night at October 2013 with the 16" LX200GPS Schmidt-Cassegrain telescope at the Alborz space center Observatory, Mahdasht, Karaj, equipped with a CCD, model: SBIG 1100 M, and standard filters. Our exposure time was 30s.

New light curves in R,V,B Filters are presented, photometry of EQ Tauri have done by CCD and light curves extracted from that. In this paper changes in orbital period are proceeded with Kalimeris method and the result reveal this parameter oscillate with a cycle of 49 yr. From the present times of minimum and those collected from other papers O-C diagram plotted and new ephemeris is presented:

$$T_{min}(HJD) = 52296.70707 + x \cdot 0.34134713 E$$

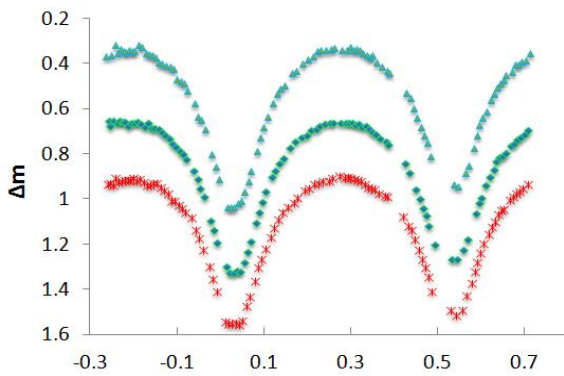


Fig 1: Light Curve in BVR

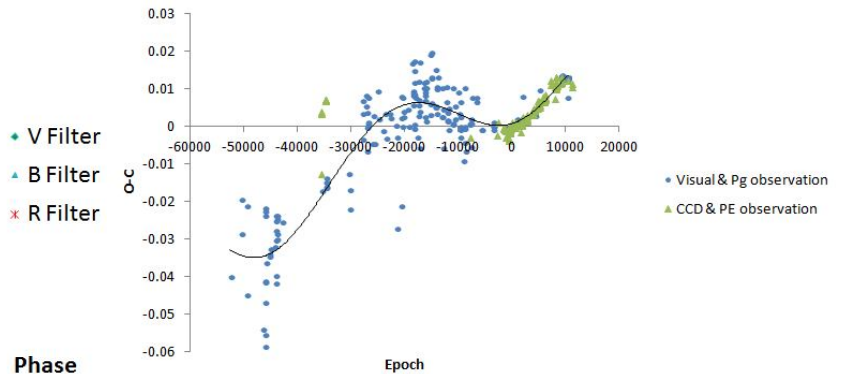


Fig 2: O-C diagram

## References:

1. B. Alton Kevin, 2009, JAAVSO, 37:148-168
2. Hrivnak B.J., W.Lu, J.Eaton, D.Kenning, 2006, AJ, 132:960-966
3. Kalimeris, A., Rovithis-Livaniou, H., & Rovithis, P. 1994, A&A, 282, 775
4. K.Kwee, H.van Woerden, 1956, Bulletin of The Astronomical Institute of Netherland, No 464
5. Magalashvili, N. L., & Kumsishvili, J. I. 1971, Abastumanskaia Astrofiz. Obs.Bull., 40, 2
6. Nelson, R. H. 2004, Inf. Bull. Variable Stars, 5493, 1
7. Pribulla, T., & Van'ko, M. 2002, Contrib. Astr. Obs. Skalnaté Pleso, 32, 79
8. Qian, S., & Ma, Y. 2001, PASP, 113, 754
9. Rucinski, S. M., Lu, W., Mochnacki, S. W., Ogloza, W., & Stachowski, G. 2001, AJ, 122, 1974
10. Shapley, H., & Hughes, E. M. 1940, Harvard Coll. Obs. Annu. Rep., 90, 163
11. Tsevevich, V. P. 1954, Izv. Astr. Obs. Odessa, 4, 3
12. Whitney, B. S. 1972, Inf. Bull. Variable Stars, 633, 1
13. Yang, Y., & Liu, Q. 2002, AJ, 124, 3358



This essay is an abstract of the final paper of our team in the Eclipsing Department of IOTAME which will be published later in foreign journals completely. We thank sincerely Mr. Atila Poro, the president of IOTAME, for his corporation in this project which performed on the supervision of Eclipsing Department of IOTAME and with financial support of Iran Space Agency (ISA).



# بررسی تغییرات دوره تناوب متغیر گزفتی EG Cephei

حسن زاده، امیر<sup>2</sup>

<sup>1</sup> کارگروه متغیرهای گزفتی قسمت خاورمیانه ای مجمع جهانی زمان سنجی اختفاهای نجومی (IOTA/ME)

<sup>2</sup> موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

## چکیده

با استفاده از تلسکوپ 16 اینچ Meade و آشکارساز CCD رصدخانه سازمان فضایی از ستاره ی نیمه تماسی EG Cep در فیلترهای استاندارد مورگان جانسون BVR و کمینه

سنجی منحنی های نوری، ضمن ارائه جدیدترین افری برای کمینه های نوری، انتقال جرم بین همدم با آهنگ  $\dot{M} = 3.3 \times 10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$  محاسبه شد.

برای محاسبه فاز در منحنی نوری از افری خطی زیر استفاده شد (Zhu 2009):

$$\text{Min.I (HJD)} = 2440050.4551 + 0.5446216 \times E \quad (1)$$

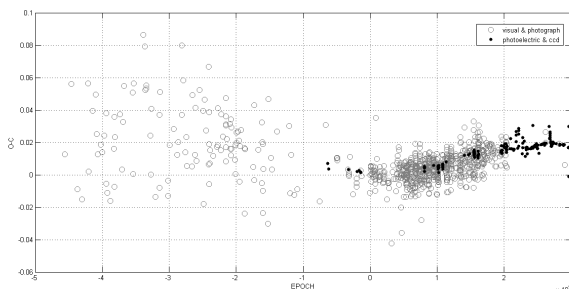
جدول 1: اطلاعات کلیه کمینه های ثبت شده از رصد. محاسبه O-C براساس افری شماره 1 است.

زمان های کمینه نوری (HJD 2400000 +)	خطا (روز)	نوع کمینه	فیلتر	O-C (روز)
56167.45891	0.0002	I	BVR	0.0168
56191.42256	0.0002	I	BVR	0.0171
56192.252510	0.0006	II	BVR	0.0297
56193.31061	0.0017	II	BVR	-0.0010

## بررسی تغییرات دوره تناوب

در ابتدا با جمع آوری اطلاعات کمینه های ثبت شده از مقالات و منابع گذشته، به 995 داده قابل استناد رسیدیم؛ که از این تعداد 827 مربوط به رصد مرئی یا عکسبرداری و 168 مورد مربوط به رصدهای فوتوالکتریک یا CCD است.

برای بررسی تغییرات دوره تناوب، از رسم اختلاف کمینه های رصدی با پیش بینی در نمودار O-C استفاده شد (شکل 2) با توجه به اینکه رصدهای فوتوالکتریک یا سی دی از دقت به مراتب بالاتری برخوردار هستند برای آنها وزن 5 و برای داده های مرئی یا عکسبرداری وزن 1 انتخاب شد.



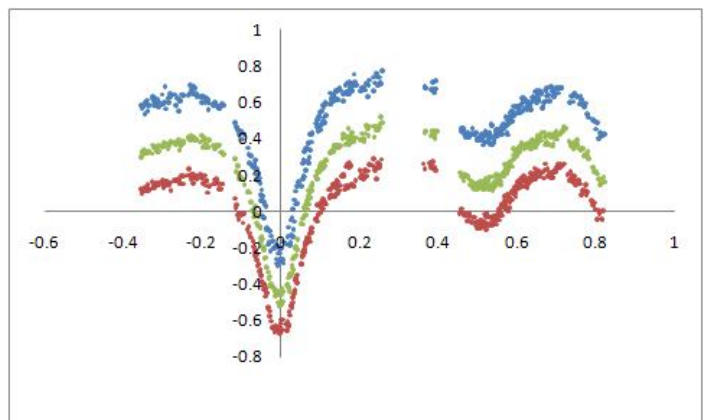
شکل 2: نمودار O-C به دست آمده برای ستاره EG- قیفاووس

## مقدمه

ستاره ی دوتایی گزفتی EG Cephei با تغییرات قدر 9.31 تا 10.21+ در فیلتر مرئی، از گونه بتا-شلیاکی ها است که برای اولین بار توسط Strohmeier در سال 1958 میلادی به عنوان یک دوتایی گزفتی با دوره تناوب 0.54 روز شناخته شد. پس از آن Geyer (1961) و در دهه های اخیر نیز Semeniuk/Kaluzny (1984) و Erdem et al. (1993) و Chochol et al. (1998) و اخیراً نیز Pazhohesh et al. (2009) و Zhu et al. (2008) و Rucinski et al. (2010) بررسی های مختلفی روی آن انجام داده اند. در برخی مقالات وجود جرم سوم و انتقال جرم بین همدمها پیشنهاد شده است.

## روش های رصدی

برای رصدها از تلسکوپ 16 اینچ، و با آشکارساز سی سی دی مدل SBIG 11000 M با اندازه پیکسل 9\*9 میکرومتر، استفاده شد. ستارگان مقایسه و چک به ترتیب HD194130 و HD194400 انتخاب شده اند. برای کمینه سنجی ها نیز از روش Kwee & van Woerden استفاده شد. در شکل 1 منحنی نوری حاصل از کلیه داده گیری، پردازش ها و نورسنجی ها مشاهده می شود؛ که در شب های رصدی 4 کمینه آنگونه که در جدول 1 آمده است ثبت شده و پس از محاسبه در هر فیلتر، جهت بکارگیری در کنار داده های گزارش شده ی گذشته میانگین گیری شده اند.



شکل 1: منحنی نوری EG- قیفاووس در فیلترهای قرمز، مرئی و آبی

که بر این اساس افمری خطی زیر برای پیش‌بینی زمان کمینه اصلی طی سال‌های آینده پیشنهاد می‌شود:

$$HJD \text{ Min } I = 2456116.4586 + 0.54462033 \times E$$

### سپاس‌گزاری

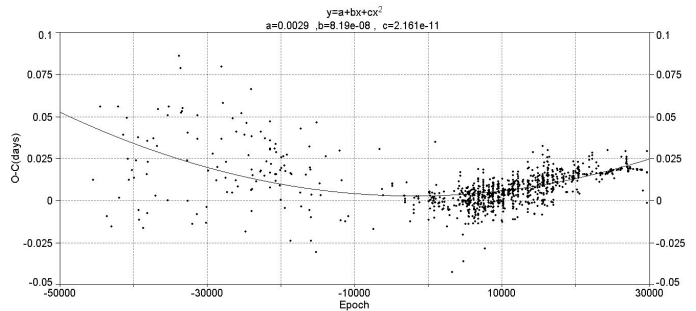
از ریاست محترم قسمت خاورمیانه ای مجمع جهانی زمان سنجی اختفاهای نجومی (IOTA/ME) که پروژه فوق با همکاری ایشان و تحت نظارت دپارتمان گرفت IOTA/ME و با حمایت‌های مالی سازمان فضایی ایران تحقق و انجام گرفت، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

### مرجع‌ها

1. Angione, R. J., Sievers, J.R., 2013, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 125, issue 923, pp.41-47
2. Chochol, D., Pribulla, T., et al. 1998, CoSka, 28, 51-62
3. Kalimeris, A., et al. 1994, A&A, 291, 765-774
4. Kaluzny, J., Semeniuk, I., 1984, Acta Astronomica, 34, 433-444
5. Kwee, K. K., van Woerden, H., 1956, BAIN, 12, 327
6. Mallama, A. D., 1980, ApJS, 44, 241-272
7. Pazhouhesh, R.; Liakos, A.; Niarchos, P., ASP Conference Series, Binaries – Key to Comprehension of the Universe, Edited by Andrej Prša and Miloslav Zejda, 2010, Vol. 435, 279
8. Rucinski, S. M., et al. 2008, AJ, 136, 586-593
9. Soydugan, E., et al. 2006, MNRAS, 370, 2013-2024
10. Zhu, L. Y., et al. 2009, PASJ, 61, 529-533



با توجه به نحوه تغییرات داده‌های رسم شده در شکل 2، نمودار فوق با بهترین معادله ممکن برای برازش شد (شکل 3).



شکل 3: برازش معادله سهمی بر داده‌های زمان‌های کمینه نوری

با توجه به ضرایب تابع درجه دو، تغییرات دوره تناوب مداری برابر با مقدار زیر بدست آمد:

$$\frac{dP}{dt} = 1.28 \times 10^{-7}$$

از آنجایی که این منظومه دوتایی از نوع نیمه تماسی می‌باشد، این تغییرات دوره تناوب می‌تواند ناشی از اثر انتقال جرم باشد. طبق رابطه زیر که در آن

$$M_2 = 0.75 M_{\odot} \quad \text{و} \quad M_1 = 1.59 M_{\odot}$$

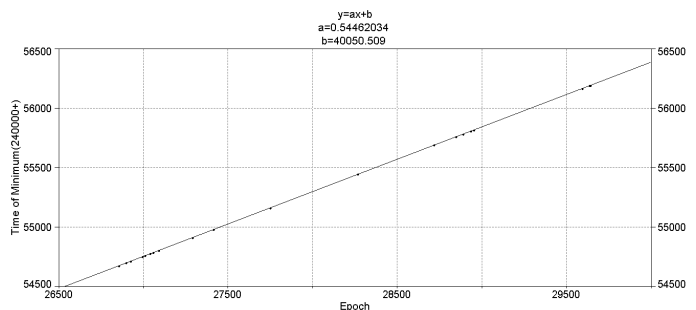
جرم دو ستاره است،

$$\frac{\dot{P}}{P} = \frac{3 \dot{M}_1}{M_1 M_2} (M_1 - M_2) \quad (2)$$

آهنگ انتقال جرم برابر با مقدار زیر خواهد شد:

$$\dot{M}_1 = 3.33 \times 10^{-7} \frac{M_{\odot}}{\text{yr}}$$

در پایان به کمک رصد‌های جدیدی که به کمک سی سی دی از این متغیر گرفتی به دست آمده است، نمودار زیر به دست آمد.



شکل 4: برازش خطی بر زمانهای کمینه نوری رصد شده در سالهای اخیر

## بررسی تغییرات دوره تناوب مداری متغیر گزفتی SW Lac

ذهبی، سمیه<sup>1</sup>، کرباسی، افشان<sup>1</sup>، حسن زاده، امیر<sup>2</sup>

<sup>1</sup> کارگروه متغیرهای گزفتی قسمت خاورمیانه ای مجمع جهانی زمان سنجی اختفاهای نجومی (IOTA/ME)  
<sup>2</sup> موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

### مقدمه

متغیر SW Lac توسط Miss Ashell در رصدخانه هاروارد کشف شد. این متغیر گزفتی از نوع W دب اکبری با دوره تناوب کوتاه 0.32071 روز می باشد. این سیستم دوتایی با تغییرات قدر 8.6 تا 9.4 در صورت فلکی سوسمار جای گرفته است. SW Lac شامل دو ستاره تقریباً با جرم یکسان (به اندازهی جرم خورشید) بوده که طیفهای گوناگونی از جمله G3، G5، K0، G8 و اخیراً G5 (Rucinski et al.2005) برای آنها بیان شده است، این سیستم به سبب تغییرات دوره تناوب مداری نظر بسیاری از رصدگران را به خود جلب کرده است. از جمله این رصدگران می توان به Dugan و Wright (1939) اشاره کرد [1].

### رصد و نورسنجی

رصد متغیر SW Lac در رصدخانه سازمان فضایی ایران در ماهدشت کرج انجام شد. رصدها در 3 شب در تاریخهای 24، 25 و 26 مهرماه 1391 صورت گرفت. یک CCD مدل SBIG 11000M، همراه تلسکوپ اشمیت-کاسگرین 16 اینچ LX200 شرکت میبید مورد استفاده قرار گرفت. زمان نوردهی 3 ثانیه تعیین و داده گیری ها انجام شد. ستاره SAO 72811 با قدر 10.99 در فیلتر B و قدر 9.96 در فیلتر V و ردهی طیفی G5 به عنوان ستاره مقایسه و ستاره TYC3215-906-1 با قدر 12.23 در فیلتر B و قدر 11.46 در فیلتر V به عنوان ستاره مرجع انتخاب شد. منحنی نوری بر اساس فاز از افمری زیر که توسط Dirk Teller & Kelvin B. Alton در سال 2005 داده شده محاسبه گردید [1].

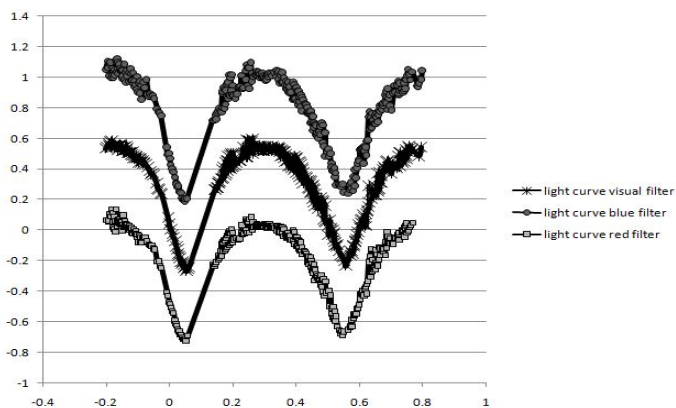
(1)

$$Min I (Hel) = 2451056.2674 + 0.32071813 \times E$$

مرحله نورسنجی داده ها با استفاده از نرم افزارهای 5.8 MaxemDI و Iris در سه فیلتر RVB انجام شد و منحنی های نوری در این سه فیلتر رسم شده اند (تصویر 1). یک زمان کمینه اول و سه زمان کمینه دوم به روش Kwee و برازش گاوسی در فیلترهای B، R و V بدست آمد [2]. جدول 1 شامل چهار زمان کمینه بدست آمده از رصدهای انجام شده در 3 شب رصدی می باشد که از سه فیلتر میانگین گیری انجام شده است. با استفاده از این کمینه ها و 130 کمینه دیگر که برای این متغیر طی 9 سال گذشته ثبت شده افمری زیر محاسبه شد:

(2)

$$MIN.I (hel.) = 2451056.25717 + 0.320719486E$$



تصویر 1:

منحنی نوری SW Lac در سه فیلتر RVB (25 و 26 مهرماه 1391)

Time of minima (hel.HJD+2400000)	Type	Filter	O-C	Epoch
56216.47907	II	B&V	0.00573	16089.5
56217.43985	II	B&V&R	0.004356	16092.5
56218.24311	I	B&V&R	0.00581	16095
56218.40336	II	B&V&R	0.005705	16095.5

جدول 1:

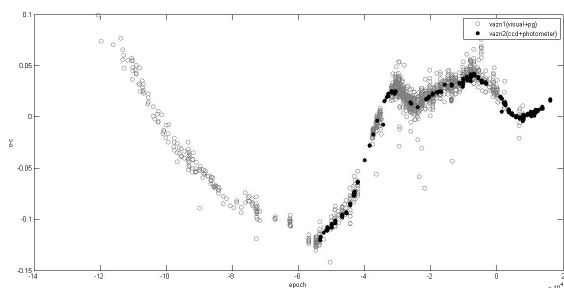
زمان های کمینه و O-C متغیر SW Lac

## تحلیل O-C

منحنی O-C برای SW Lac از سال 1892 تا 2012 در تصویر 2 نشان داده شده و با توجه به خطای دستگاه به داده‌ها وزن داده شده است که داده‌های وزن 2 داده‌های CCD و فوتومتر می‌باشند و داده‌های وزن 1 به روش عکاسی یا بصورت بصری ثبت شده‌اند.

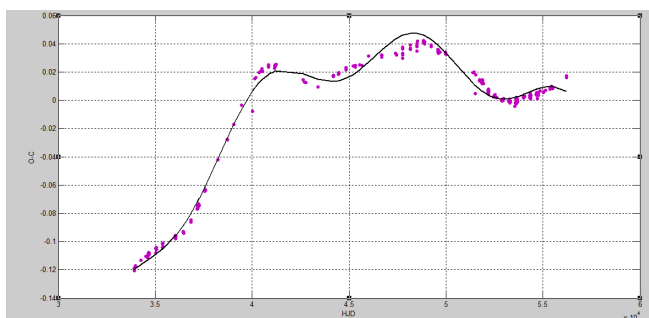
تصویر 2:

منحنی وزن‌دار شده O-C سیستم SW Lac از سال 1892 تا 2012 با افمری شماره 1

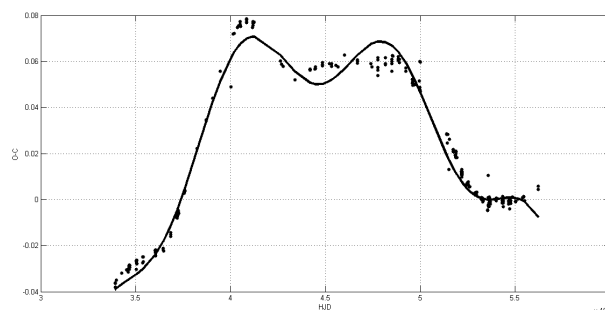


به داده‌های وزن 2 که داده‌های دقیق‌تری هستند (از سال 1951 تاکنون) با نرم افزار Matlab و Period 4 به ترتیب سهمی و دوبار سینوس برازش کردیم که حاصل آن به شکل زیر ترسیم شد (تصاویر 3 و 4). دوره تناوب متغیرگرفتی مورد مطالعه ما با نرخ  $1.6086 \times 10^{-2}$  ثانیه در طول یک سال در حال کاهش است. بدلیل این که سیستم SW Lac

دوتایی تماسی محسوب می‌شود برخی تغییرات در دوره تناوب را به انتقال جرم می‌توان نسبت داد. که مقدار آن  $\dot{m}_1 = 2.798 \times 10^{-6} \left(\frac{m_{\odot}}{\text{year}}\right)$  محاسبه شد.



تصویر 3: ترکیب برازش سهمی و دوبار سینوس O-C با افمری شماره 1



تصویر 4: ترکیب برازش سهمی و دوبار سینوس O-C با افمری شماره 2

$$O-C = 2451056.25717 + 0.320719486E - 8.174 \times 10^{-11} E^2 + 0.01627[\sin 0.00025356E + 3.609584] + 0.00666[\sin 0.00012295E + 5.210563]$$

یکی از دلایل تناوبی بودن منحنی O-C می‌تواند وجود جرم سوم باشد. دوره تناوب حرکت جرم سوم  $P_3 = 67.81$  سال و دامنه‌ی حرکت آن  $0.01627$  روز می‌باشد. به

دلیل برازش سینوس دوم بر منحنی O-C احتمال جرم چهارم بوجود می‌آید که دوره تناوب آن  $P_4 = 139.84$  سال و دامنه حرکت آن  $0.00666$  روز می‌باشد. مقدار

جرم سوم  $m_3 = 0.65m_{\odot}$  و مقدار جرم چهارم  $m_4 = 0.08m_{\odot}$  بدست آمد.

مرجع‌ها

1. Alton, K. B., Terrel, D., 2006. J. JAAVSO V 34, 188-191
2. Kwee, K. K., Van Woerden, H., 1956. BAN 12, 327K

INTERNATIONAL OCCULTATION  
Middle East Section  
ECLIPSING ASSOCIATION

این مطلب چکیده‌ای از مقاله پایانی این تیم در قالب دپارتمان گرفت IOTA/ME است که در آینده پس از انتشار در نشریه‌ای خارجی به شکل کامل منتشر می‌شود. از جناب آقای آتیلا پرو رئیس قسمت خاورمیانه‌ای مجمع جهانی زمان‌سنجی اختفاهای نجومی که پروژه فوق با همکاری ایشان و تحت نظارت دپارتمان گرفت (IOTA/ME) و با حمایت‌های مالی سازمان فضایی ایران تحقق و انجام گرفت، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

ریاست جمهوری  
سازمان فضایی ایران

# A Photometric study of SW Lac and its O-C diagram

S. Zahabi<sup>1</sup>, A. Karbassi<sup>1</sup>, A. Hasanzadeh<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> IOTAME Department of Eclipsing, <sup>2</sup> Institute of Geophysics, University of Tehran

## Introduction

The eclipsing variable SW Lac first discovered in Harvard Observatory. This variable is a binary of W UMa type with short period of 0.32071 days. This binary has magnitude range from 8.6 to 9.4 and is located in Lacerta constellation. SW Lac consists of two stars having nearly same mass (equal to the mass of sun) with different reported spectral types such as G3, G5, K0, G8 and recently G5 (Rucinski et al.2005). Many observers are interested in this system, for example Dugan and Wright (1939), and the reason is the period variation of the binary [1].

## Observation and photometry

The observation of SW Lac carried out in *Iran Space Agency* observation located in Mahdasht, Karaj, Iran. The observation dates are 2012, October 15th, 16th and 17th. Equipment included a SBIG 11000 CCD and a 16 inch LX200 Meade

Schmidt-Cassegrain Telescope. The SBIG 11000M camera has  $1339 \times 890$  pixels and the exposure time was 3 seconds. The comparison star was SAO 72811 with magnitude of 10.99 in B filter and 9.96 in V filter with G5 spectral type and the selected reference star was TYC3215-906-1 with magnitude of 12.23 in B filter and 11.46 in V filter. Light curve and new ephemeris calculated here are based on ephemeris of Kelvin B. Alton and Dirk Teller in 2005[1].

$$Min I (Hel) = 2451056.2674 + 0.32071813 \times E \quad (1)$$

The photometry of data performed in Maximdl 5.8 and IRIS in three filters RVB and the light curve is shown in figure 1. One time of light minimum of the first minimum and three ones of the second light minimum obtained through Kwee method and by fitting Gaussian function in B, R and V filters[2]. In table (1), 4 times of light minimum are obtained in three observation nights which are averaged over 3 filters.

Using these minimums and 130 other minimums published before during 9 years, the new ephemeris calculated as:

$$MIN.I (hel.) = 2451056.25717 + 0.320719486E \quad (2)$$

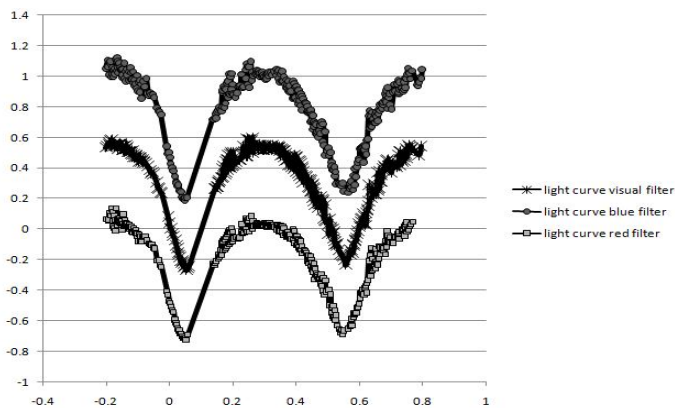


Figure 1- Light curve of SW Lac variable in BVR

Time of minima (hel.HJD+2400000)	Type	Filter	O-C	Epoch
56216.47907	II	B&V	0.00573	16089.5
56217.43985	II	B&V&R	0.004356	16092.5
56218.24311	I	B&V&R	0.00581	16095
56218.40336	II	B&V&R	0.005705	16095.5

Table 1- Times of minimum and O-C of SW Lac

## O-C analysis

The O-C curve of SW Lac is shown in figure (2) since 1892 to 2012 and according to errors of instruments the weight of CCD data set to 2 and the weight of photometric captured visual data set to 1.

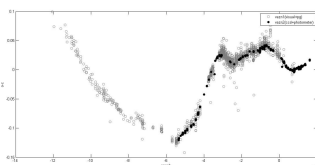


Figure 2- The O-C curve of SW Lac using weight of data since 1892 to 2012



Data with weight 2 are more accurate data (since 1951) which we fitted a parabolic and a twice sine curve using Matlab and Period4. The result is shown in figures (3) and (4). The period of eclipsing variable we studied is reducing in rate of  $1.6086 \times 10^{-2}$  in year; Since the binary is considered as a contact binary, we can assume a mass transfer rate of

$$\dot{m}_1 = 2.798 \times 10^{-6} \left( \frac{m_{\odot}}{\text{year}} \right)$$

Figure 3- fitting parabolic and two sine curve to O-C using ephemeris 1

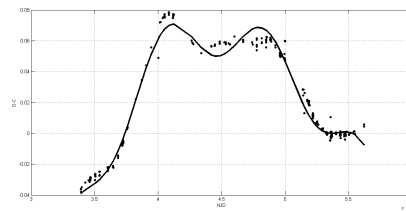
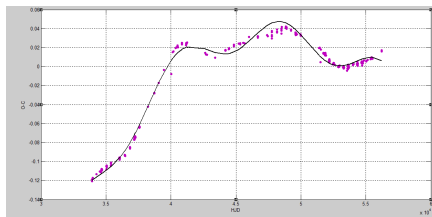


Figure 4- fitting parabolic and two sine curve to O-C using ephemeris 2


$$\text{O-C} = 2451056.25717 + 0.320719486E - 8.174 \times 10^{-11} E^2 + 0.01627[\sin 0.00025356E + 3.609584] + 0.00666[\sin 0.00012295E + 5.210563]$$

The periodic O-C curve can be due to the presence of a third body. The period of the third body, then would be  $P_3 = 67.81$  year and the amplitude of its motion, would be  $0.01627$  days. Because of fitting two sine curve to O-C, we can consider the possibility of the existence of a fourth body, which its period could be  $P_4 = 139.84$  year and the amplitude could be  $0.00666$  days. The mass of the third body obtained as  $m_3 = 0.65m_{\odot}$  and fourth body obtained as  $m_4 = 0.08m_{\odot}$ .

## References


1. Alton, K. B., Terrel, D., 2006. J. JAAVSO V 34, 188-191
2. Kwee, K. K., Van Woerden, H., 1956. BAN 12, 327K.

Translation to English: M. Delband



This essay is an abstract of the final paper of our team in the Eclipsing Department of IOTA/ME which will be published later in foreign journals completely. We thank sincerely Mr. Atila Poro, the president of IOTA/ME, for his corporation in this project which performed on the supervision of Eclipsing Department of IOTA/ME and with financial support of Iran Space Agency (ISA).

ریاست جمهوری



سازمان فضایی ایران

## برگزاری نخستین جلسه دفاع در دپارتمان گرفت

به باری خداوند و پس از یکسال تلاش نخستین جلسه دفاع جهت فارغ التحصیلی از دپارتمان گرفت IOTA/ME روز سه شنبه 92/2/31 ساعت 14 در تهران و محل سازمان فضایی ایران برگزار خواهد شد.

تیم هایی که در این جلسه دفاع خواهند کرد:

1. خانمها ستاره استاد نژاد، معصومه دلبنند: ستاره‌ی V1191 Cyg ، محل دیتاگیری در رصدخانه‌ی ابوریحان بیرونی
  2. خانمها فریدا فارسین، مریم نعمتی: ستاره‌ی EQ Tau ، محل دیتاگیری در رصدخانه‌ی سازمان فضایی ایران
  3. خانمها سمیه ذهبی، افشان کرباسی: ستاره‌ی SW Lac ، محل دیتاگیری رصدخانه‌ی سازمان فضایی ایران
- داور: دکتر محمد تقی میرترابی، استاد راهنما: آقای امیر حسن زاده، استاد مشاور: آقای آتیلا پرو، ناظر سازمان فضایی ایران: آقای کورش رکنی



## IOTA/ME Managers

## مدیران و مشاوران قسمت خاورمیانه‌ای آیوتا



**Koorosh Rokni**

Senior  
Consultant



**M.R. Shafizadeh**

Executive



**Dr. Marjan Zakerin**

Public Relations



**Arya Sabouri**

Founding Board



**Dr. M.R. Norouzi**

Founding Board  
& Vice-President



**Atila Poro**

Founding Board  
& President

## IOTA/ME Faculty

## هیات علمی قسمت خاورمیانه‌ای آیوتا



**Somyeh Zahabi**

Eclipse  
Department



**M. Delband**

Eclipse  
Department



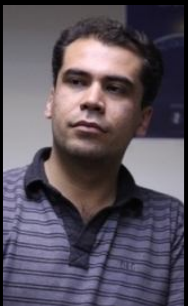
**S. Ostadnejad**

Eclipse  
Department



**M.R. Mirbagheri**

Occultation  
Department



**Atila Poro**

Department of  
Occultation  
President



**A. Hasanzadeh**

Department of Eclipse  
President



**Arya Sabouri**

IOTA-TECH  
President

## IOTA/ME Scientific Advisors

## هیات مشاوران علمی قسمت خاورمیانه‌ای آیوتا



**Paul Maley**

IOTA  
Vice-President



**Prof. Roger Ferlet**

Institut d'astrophysique  
de Paris  
CNRS - UPMC



**Dr. Reza Pazhouhesh**

Physics Department  
Birjand University  
Birjand, Iran



**Prof. N. Riazi**

Physics Department  
S. Beheshti University  
Tehran, Iran



**Prof. N. Haghighipour**

Institute for Astronomy &  
NASA Astrobiology Institute  
University of Hawaii-Manoa