

Більш крутий спад залежності $da(p)$ та вища значимість для тіл менших розмірів є додатковим аргументом про дію саме певного НГЕ. Адже всі НГЕ мають сильніше впливати на менші тіла.

Дія в Сонячній системі такого НГЕ може пояснити нерівномірність розподілу альbedo в поясі астероїдів. А це, в свою чергу, усуває один з головних аргументів проти гіпотези утворення астероїдів в результаті руйнування одного тіла.

Висновки

1. Аналіз розподілів $p(a)$ сімейств астероїдів за даними альbedo й розмірів бази WISE підтверджує отримані раніше висновки про існування в Сонячній системі НГЕ, що спричиняє просторове розділення астероїдів з різними альbedo.

2. Даний висновок також підтверджується чисельними розрахунками еволюції орбіт астероїдів, що входять до бази WISE.

Список використаних джерел

1. Казанцев А.М. Простой метод численных расчетов эволюции орбит околоземных астероидов // Астрон. Вестн. – 2002. – 36. – № 1. – С. 48 – 54.
2. Kazantsev A.M. Possible effect of spatial separation of bright and dark asteroids // Kinem. Phys. Celest. Bodies. – 2007. – 23. – 6. – P. 258-264.
3. Kazantsev A.M., Kazantseva L.V. On the residuals in asteroid catalogs and a possible nongravitational effect // Kinem. Phys. Celest. Bodies. – 2008. – 24. – 5. – P. 248-252.
4. Kazantsev A.M. Spatial separation effect of asteroids with different albedos // arXiv0806.2717. – 2008. – P. 1-21.
5. Masiero, Joseph R., Mainzer, A. K., Grav, T. et. al. Main Belt Asteroids with WISE/NEOWISE. I. Preliminary albedos and diameters // Astrophys Journal. – 2011. – 741. – 2. – P. 20.
6. Masiero, Joseph R., Mainzer, A. K., Bauer, J. M. et. al. Asteroid Family Identification Using the Hierarchical Clustering Method and WISE/NEOWISE Physical Properties // Astrophys Journ. – 2013. – 770. – 1. – P. 22.
7. Tedesco Edward F., Noah Paul V., Noah Meg, Price Stephan D. The supplemental IRAS minor planet survey // The Astronomical Journal. – 2002. – 123. – P. 1056–1085.
8. Zappala V., Cellino A., Farinella P., Knezevic Z. Asteroid families. I. Identification by Hierarchical Clustering and Reliability Assessment // Astron. Journ. – 1990. – 100. – 6. – P. 2030-2046.

Надійшла до редколегії 28.05.14

А. Казанцев, канд. физ.-мат. наук, Л. Казанцева, канд. физ.-мат. наук
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ОБНАРУЖЕНИЕ НЕГРАВИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ПО БОЛЬШИМ МАССИВАМ ДАННЫХ АЛЬБЕДО И РАЗМЕРОВ АСТЕРОИДОВ

На основании базы WISE, которая содержит альbedo и размеры более 100000 астероидов, выполнен корректный отбор семейств астероидов. Обнаружено статистически значимое уменьшения среднего значения альbedo при увеличении большой полуоси орбит внутри семейств, что свидетельствует о действии некоторого негравитационного эффекта (НГЭ). Выполнены численные расчеты эволюции орбит астероидов. Сравнение результатов расчетов с данными каталогов также указывает на действие похожего НГЭ. Такие результаты подтверждают выводы предыдущих исследований авторов, полученных на основании базы данных IRAS, содержащей 2228 альbedo и размеров астероидов.

Ключевые слова: негравитационный эффект, альbedo, астероид.

A. Kazantsev, PhD, L. Kazantseva L., PhD
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

REVEALING OF NON-GRAVITATIONAL EFFECT BY ON NUMEROUS ARRAYS OF ASTEROID ALBEDOS AND SIZES

There were correctly selected asteroid families with the help of WISE data-base containing more than 100,000 asteroid albedos and sizes. It was revealed a significant decrease of albedo at the semimajor axes increase inside of the families. It points on a non-gravitational effect (NGE) action, which caused a spatial separation of asteroids with different albedos. There were carried out numerical calculations for asteroid orbit evolutions. A comparing of the calculation results with the catalog data denotes an action of similar NGE. Those results confirm the previous conclusions of the authors which were obtained on the base of IRAS data-base, containing 2228 albedo and size of the asteroid.

Keywords: non-gravitational effect, albedo, asteroid.

УДК 521.852

В. Клецонок, канд. фіз.-мат. наук, М. Буромський, пров. інж., В. Мазур, інж.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ТЕЛЕВІЗІЙНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОКРИТТІВ ЗІР МІСЯЦЕМ У 2013-2014 РР.

Приводиться опис телевізійних спостережень покривтів подвійних і одинарних зір Місяцем у 2013-2014 рр. в Астрономічній обсерваторії Київського університету. За даний період зареєстровано біля 400 явищ покривтів і відкриттів зір за допомогою телевізійного комплексу "Спалах". Приведений детальний аналіз спостережень кількох цікавих явищ. На основі аналізу фотометричних кривих покривтів зроблені уточнення деяких фотометричних і геометричних параметрів подвійних зір.

Ключові слова: покривття, Місяць.

Вступ. Спостереження покривтів зір Місяцем – простий і ефективний метод для дослідження крайової зони Місяця, параметрів його руху. Також цей метод дає можливість вивчати подвійні і кратні системи зір, а при наявності реєструючої апаратури з високою часовою роздільною здатністю оцінювати кутовий розмір диску зорі. Якщо на початку спостережень покривтів використовувалися переважно візуальні методи, то зараз результати, які мають практичну цінність, отримують за допомогою електронних методів реєстрації. З цією метою у 2003 року в Астрономічній обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка було створено нову телевізійну систему "Спалах" [1,2] для спостереження покривтів. На протязі більше 10 років комплекс "Спалах" показав надійність в роботі і хорошу точність визначення моментів покривтів зір. Хоча проводились удосконалення системи через заміну окремих

елементів та вдосконалення програмних пакетів для запису і обробки телевізійних зображень, але принципи роботи закладені на початку створення комплексу, залишилися незмінними.

У 2013-2014 рр. тривала модернізація телевізійного комплексу "Спалах", модуля кріплення та фокусування ПЗЗ камери з діафрагмою в прямому фокусі телескопа АЗТ-14 ($D=48\text{см}$, $F=216\text{см}$), на якому отримано основний масив спостережень покриттів [3]. Проведені покращення дозволили отримати за період приблизно в один рік біля 400 спостережень.

Як зазначалося вище, одним із важливих результатів спостереження покриттів є інформація про подвійні та кратні зоряні системи. В період 2013-2014 рр. також були спостереження подвійних зір. В даній роботі приведені результати спостережень деяких цікавих кратних зір.

Методика спостереження з телевізійним комплексом "Спалах". При створенні комплексу "Спалах" основна увага зверталася на точність отримання моментів часу із запису явища покриття. Основне обмеження на точність по часу накладає тривалість експозиції одного телевізійного кадру – 40 мс. Комплекс "Спалах" має точність абсолютної прив'язки часової шкали до всесвітнього часу у 20 мс. Така точність забезпечується програмними засобами. В процесі спостережень використовується програма Videocar, яка записує протокол системного часу для кожного кадру. За рахунок обробки моментів всіх кадрів суттєво підвищується точність прив'язки відеоряду до системного часу. Інша програма, яка працює в фоновому режимі, записує протокол поправок точного часу GPS і системного часу комп'ютера.

Для обробки відеозапису використовується програма Occultdark, яка дає можливість отримати момент явища та фотометричну криву покриття або відкриття зорі Місяцем. Також можна передивлятися кожний кадр відеозапису, в тому числі при збільшенні, а також використовувати чисельні фільтри для впевненого визначення моменту покриття слабких зір. Для складних випадків при обробці обов'язково будується фотометрична крива покриття, яка дає також можливість дослідити різні ефекти, зокрема подвійність зорі. Результати обробки спостережень зберігаються в електронній базі даних. За 2013-2014 рр. було отримано близько 400 спостережень явищ покриттів / відкриттів зір.

Результати опрацювання. Спостереження подвійних і кратних зір дозволяють визначити певні співвідношення між позиційним кутом та відстанню між компонентами. Іноді вдається таким чином відкрити подвійність зорі, про яку раніше не було відомо. За допомогою комплексу "Спалах" вже біло відкрито кілька тісних подвійних зір. В цей період спостережень запідозрена існування невідомого компонента в кратній системі зорі ZC787. Це підтверджує висновки про ефективність телевізійного методу для знаходження тісних подвійних зір до межі розділення у 40 кутових мілісекунд [4]. Необхідність виявлення саме таких пар підкреслена у роботі [5], в якій представлені результати спостережень покриття за програмою пошуку тісних подвійних на великому телескопі ESO VLT. В цій роботі наведені результати спостережень 13 тісних пар з відстанями між компонентами $0.004\text{--}0.168''$ і зоряними величинами до 11.1 mag. Комплекс "Спалах" дозволяє розрізнити подібні пари з відстані у $0.040''$, що зважаючи на невеликі розміри телескопа і тип приймача світла, достатньо непоганий результат.

Нижче приводяться результати найбільш цікавих явищ телевізійних спостережень покриттів і відкриттів зір місяцем.

Покриття зорі ZC787 8.03.2014 р. Спостереження покриття зорі ZC 787 було проведено за допомогою телевізійної системи "Спалах" на рефлекторі АЗТ-14 Астрономічної обсерваторії (с. Лісники) 8.03.2014р. Зоря ZC 787 потрійна, за ефемеридами зоряні величини компонентів $m_A=7.7$, $m_B=8.3$, $m_C=8.5$, відстань між компонентами $s = 2,6''$, $0,7''$, позиційний кут радіус-вектора між компонентами $P = 164^\circ$. Умови спостережень: ясно, темний край Місяця видно, фаза Місяця 51%, висота над горизонтом 55° , позиційний кут покриття зорі $57S^\circ$ (S – від південного рогу, N – від північного). Передобчислений момент покриття Місяцем – 17:28:47 UTC. Тут і далі моменти покриття зорі та обставини покриття розраховані за стандартною програмою Девіда Гералда Occult4 (<http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>). Фотометрична крива покриття за телевізійними спостереженнями показана на рис. 1. Тут і далі для всіх рисунків позначено: по осі абсцис – всесвітній час, по осі ординат – яскравість зорі у відносних одиницях; суцільна лінія – наближення фотометричних відліків зорі ступінчастою функцією, крапки – відносна інтенсивність зорі на кожному кадрі, штрихова лінія – рівень шуму у вікні 9 відліків.

Зафіксовано 2 стрибки яскравості, що відповідає 3 компонентам. Є підозра на 3 стрибок і можливий 4 компонент цієї кратної системи. Про це свідчить наявність двох відліків з проміжною інтенсивністю перед остаточним покриттям системи. Щоб створити таку картину є три можливості: а) два випадкові відліки з інтенсивністю менше, ніж середня; б) один відлік з меншою інтенсивністю і відлік при неповній експозиції кадру, коли момент покриття відбувся під час експозиції; в) невідомий компонент на дуже близькій відстані. Ймовірність для першого випадку за одностороннім критерієм для розподілу Стюдента складає 0.07, для другого – 0.03 (беручи до уваги, що сходинка через настання покриття всередині експозиції кадру на фотометричній кривій спостерігається приблизно у 10% випадків). Таким чином ймовірність для наявності невідомого компонента складає 0.9. Це не виключає можливість випадкового збігу обставин, але значна ймовірність свідчить на користь гіпотези про існування додаткового компонента. З фотометричної кривої отримано час між покриттями компонентів 1) 5.56 с, 2) 1.16-1.24 с і можливий 3) 0.08 с, що відповідає проекції відстані на напрямку руху Місяця відповідно 2.78 та $0.58\text{--}0.62''$, якщо враховувати 4 компонент – то і $0.04''$. $I_1 / I_2 / I_3 = 1:0.38:0.98$, де I_1 – яскравість компоненти, яка покривалася першою. Якщо враховувати можливий 4 компонент, то $I_1 / I_2 / I_3 / I_4 = 1:0.38:0.36:0.62$. Це відповідає зоряним величинам $m_A=8.0$, $m_B=9.1$, $m_C=8.1$ або $m_A=8.0$, $m_B=9.1$, $m_C=9.1$, $m_D=8.6$.

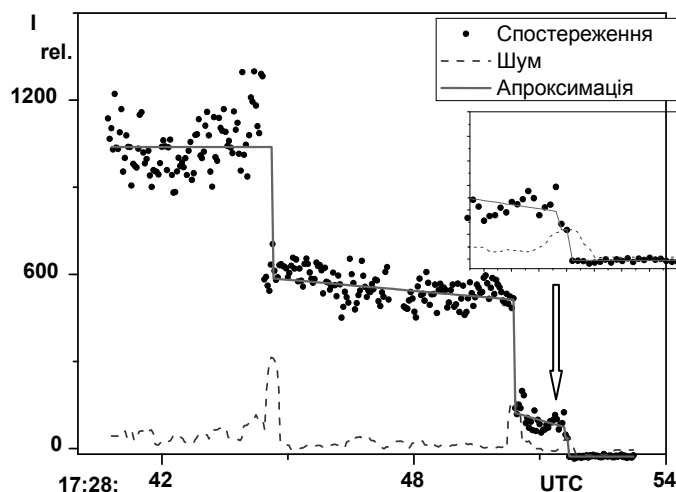


Рис. 1. Фотометрична крива покриття зорі ZC 787 8.03.2014 р.
По осі абсцис – всесвітній час, по осі ординат – яскравість зорі у відносних одиницях.
Суцільна лінія – наближення фотометричних відліків зорі ступінчастою функцією,
крапки – відносна інтенсивність зорі на кожному кадрі, штрихова лінія – рівень шуму у вікні 9 відліків

Покриття зорі ZC 944 09.03.2014 р. Спостереження відкриття зорі ZC 944 ($m=10.0$, спектральний клас K2) Місяцем 09.03.2014 р. було проведено за допомогою телевізійної системи "Спалах" на рефлекторі Астрономічної обсерваторії (с. Лісники). Телевізійна камера "SANYO" розміщена в прямому фокусі телескопа АЗТ-14. Умови спостережень: ясно, темний край Місяця чітко видимий, фаза Місяця 62%, висота над горизонтом 27° , позиційний кут покриття зорі $36S^\circ$. Ефемеридний момент покриття Місяцем – 21:39:31 UTC. Фотометрична крива покриття за телевізійними спостереженнями показана на рис. 2. На фотометричній кривій при покритті другого компоненту видно відлік з проміжною інтенсивністю, але оскільки він один, то на відміну від попереднього випадку ми вважаємо, що він відповідає ситуації, коли покриття настає всередині експозиції кадру.

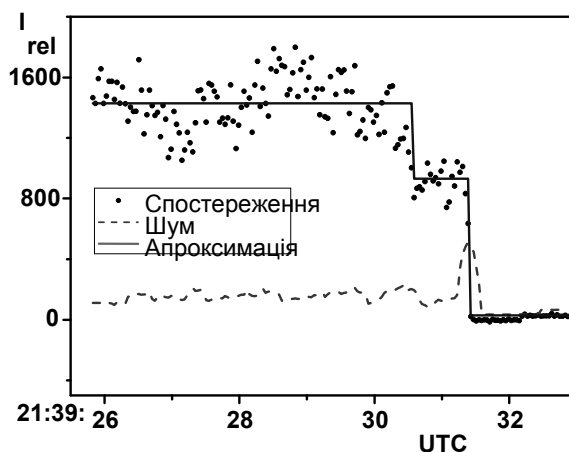


Рис. 2. Фотометрична крива покриття подвійної зорі ZC 944 Місяцем 09.03.2014 р.

З фотометричної кривої випливає, що проекція відстані на напрямок руху Місяця дорівнює $0.42''$. Відношення яскравості компонент $I_1/I_2 = 0.55 \pm 0.19$ (I_1 – компонент, який покривався першим, або $m_A \approx 10.5 \pm 0.1$, $m_B \approx 11.1 \pm 0.2$).

Покриття подвійної зорі X 87071(A), ZC 975(B) 03.05.2014. Спостереження покриття зорі X 87071 Місяцем було проведено за допомогою телевізійної системи "Спалах" на рефлекторі АЗТ-14 Астрономічної обсерваторії (с. Лісники) 3.05.2014 р. Умови спостережень: ясно, темний край Місяця видимий, фаза Місяця 20%, висота над горизонтом 25° , позиційний кут покриття зорі $10S^\circ$. Ефемеридний момент покриття Місяцем компоненти А – 18:20:03, компоненти В – 18:20:15 за всесвітнім часом, зоряні величини компонентів $m_A=7.4$, $m_B=8.0$, відстань між компонентами $\rho = 2.4''$, позиційний кут радіус-вектору між компонентами $P = 13^\circ$. На жаль не вдалося зареєструвати все явище покриття на одному запису. Час першого запису закінчився, коли покриття ще не відбулося. Відразу була запущена друга реєстрація. Це привело до того, що в фотометричній кривій є пауза. Унікальність цих спостережень полягає в тому, що вдалося зафіксувати дотичне покриття коли один із компонентів подвійної зорі покривався і відкривався на нерівностях місячного рельєфу. Також при остаточному покритті була зареєстрована чітка дифракційна картинка, що для телевізійних спостережень є досить рідкісним явищем [3]. Фотометрична крива покриття за телевізійними спостереженнями показана на рис. 3.

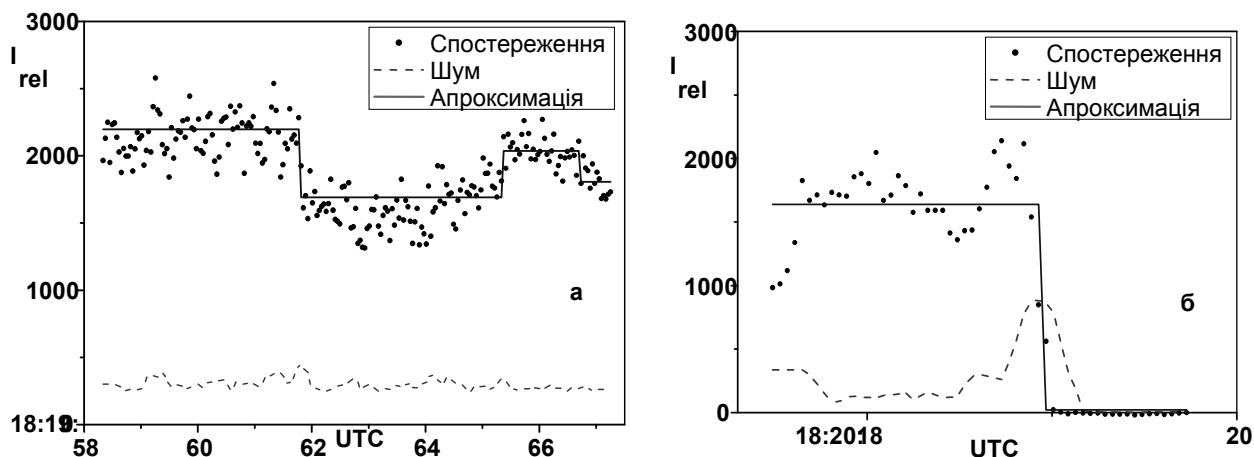


Рис. 3. Фотометрична крива покриття подвійної зорі X 87071(A), ZC 975(B) 03.05.2014;
а – перший запис, б – другий запис

Покриття зорі SAO 95645 03.05.2014 р. Спостереження покриття зорі SAO 95645 Місяцем проведено за допомогою телевізійної системи "Спалах" на рефлекторі АЗТ-14 Астрономічної обсерваторії (с. Лісники) 03.05.2014 р. Умови спостережень: ясно, темний край Місяця видимий, фаза Місяця 20%, висота над горизонтом 20° , позиційний кут покриття зорі 83° . Ефемеридний момент покриття – 18:56:30 UTC, зоряні величини компонентів $m_A=9.9$, $m_B=9.9$, відстань між компонентами $\rho = 0,2''$, позиційний кут радіус-вектора між компонентами $P = 90^\circ$. Фотометрична крива покриття за телевізійними спостереженнями показана на рис. 4.

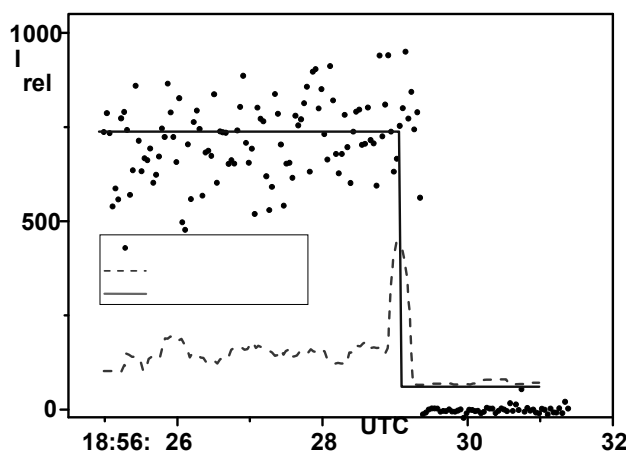


Рис. 4. Фотометрична крива покриття зорі SAO 95645 03.05.2014

За нашими спостереженнями не підтверджується подвійність зорі SAO 95645. Це цікавий результат так, як відстань між компонентами достатня для впевненої реєстрації подвійності. Геометричні параметри (позиційний кут покриття та позиційний кут радіус-вектора між компонентами) також є сприятливі для того, щоб можна було б побачити подвійність. Це може свідчити про інше розташування компонентів (набагато менша відстань між компонентами, а також кут радіус-вектора між компонентами становить близько 0° або 180°). Можливе також помилкове віднесення зорі до подвійних.

Висновки

1. За телевізійними спостереженнями покриття зорі Місяцем уточнені параметри потрійної системи ZC 787, та запідозрене існування невідомого компонента на відстані $0.04''$ від третього компонента.
2. Зареєстровано дотичне покриття подвійної зорі X 87071(A), ZC 975(B) та не однократне зникнення одного компонента за місячними гірками. Також для цієї зорі отримана якісна дифракційна картинка.
3. Уточнені параметри тісної подвійної зорі ZC 944.
4. Телевізійні спостереження покриття зорі SAO 95645 при сприятливих умовах для реєстрації подвійності не підтверджують наявності другого компонента, що свідчить про помилковість відомостей про її подвійність, або про суттєво інше розташування компонентів.

Список використаних джерел

1. V.V. Kleshchonok Observations of stars occultations by the Moon with the "Spalakh" television system [Текст] / Kleshchonok V.V., Buromsky. M.I. // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Supplement. – 2005. – №5. – P.405-408.

2. V.V. Kleshchonok. The "Spalakh" astronomical television system [Текст] / Kleshchonok V.V // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Supplement. – 2005. – №5. – Р.409-412.
3. В.В. Клещонюк. Киевская электронная база данных телевизионных наблюдений покрытий звезд Луной [Текст] / Клещонюк В.В., Буромский Н.И., Хатко И.В. // Кинем. и физика небесн. тел. 2008. Т.24, №2. – С. 158-163.
4. В.Клещонюк Телевізійні спостереження покриття місяцем тісних подвійних зір [Текст] / Клещонюк В., Вербінська В. // Вісник Київського національного університету. Астрономія. – 2012. – Т. 48. – С. 50-54.
5. A. Richichi Final Binary Star Results from the ESO VLT Lunar Occultations Program [Текст] / Richichi, A.; Fors, O.; Cusano, F.; Ivanov, V. D. // Astron. J. – 2014. – Vol. 147, Iss. 3. – 57. – 5 pp.

Надійшла до редколегії 28.05.14

В. Клещонюк, канд. фіз.-мат. наук, М. Буромский, вед. инж., В. Мазур, инж.
КНУ имени Тараса Шевченко, Киев

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ЗВЕЗД ЛУНОЙ В 2013-2014 ГГ.

Приведено описание телевизионных наблюдений покрытий двойных и одинарных звезд Луной в 2013-2014 гг. в Астрономической обсерватории Киевского университета. За данный период зарегистрировано около 400 явлений покрытий и открытий звезд с помощью телевизионного комплекса "Спалах". Приведен детальный анализ наблюдений нескольких интересных явлений. На основе анализа фотометрических кривых покрытий сделаны уточнения некоторых фотометрических и геометрических параметров двойных звезд.

Ключевые слова: покрытие, Луна.

V. Kleshchonok, Ph.D. in Phys. and Math. Sciences, M. Buromsky, lead eng., V. Mazur, eng.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

TV OBSERVATIONS OF STARS OCCULTATIONS BY THE MOON IN THE 2013-2014

We present the television occultation observations at the Astronomical Observatory of National Taras Shevchenko University of Kyiv during the period of 2013-2014. The information about the methodology of observation and processing of the video was provided. An important element of the television complex is the exact time registration subsystem. Special programs provide necessary time precision. The first one allows to record the time of each frame referred to the computer system time. The second, which works independently in the background, allows recording the protocol differences between the system and the world times. Joint processing of two protocols allows obtaining the absolute time reference with an accuracy of 20 ms. Exploiting this system during a one year period, we were able to observe about 400 occultation. Most informative are observations of double and multiple stars. Within this paper, we present following occultation of multiple stars. 1. Occultation of triple star ZC787 on 8 of March 2014. All three components of the projection distance to the direction of the Moon motion: 2.78 and 0.58-0.62 "and relations between brightness component $I_1 / I_2 / I_3 = 1:0.38:0.98$ were registered. Hereinafter we number the component by the Moon occultation sequence. There is reason to suspect the presence of the unknown component with distance 0.04 " from the third component with 0.9 probability. In the case the fourth component presence $I_1 / I_2 / I_3 / I_4 = 1:0.38:0.36:0.62$. 2. Occultation of double star ZC 944 on 9 of March 2014. Two components with the projection distance to the direction of the Moon motion 0.42 " were recorded. Relations between components brightness are $I_1/I_2 = 0.55 \pm 0.19$. 3. Occultation of double star X 87071 (A), ZC 975 (B) on 3 of May 2014. This phenomenon is unique, because we were able to register tangential occultation with multiple brightness falls during the occultation of the one component. Moreover, a clear diffraction pattern during the second component occultation was captured. 4. Occultation of star SAO 95645 on 3 of May, 2014. – It is a double star with a convenient location of the component and position angle for observations. However, the photometric curve of occultation shows no duality. This might be explained either by essential different location of the components or by the fact that this star is not double.

Keywords: occultation, Moon.

УДК 523.68; 520.34; 520.37; 520.373; 521.31; 521.95

П. Козак, канд. фіз.-мат. наук, старш. наук. співроб.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ УТОЧНЕННЯ ШВИДКОСТІ МЕТЕОРА З ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Застосовано метод Монте-Карло до кінематичної обробки результатів двохсторонніх телевізійних спостережень метеорів. За допомогою опрацювання безпосередньо статистичних розподілів кінематичних параметрів метеора запропоновано ідею підняти точність обчислення найважливішого для розрахунку метеорної орбіти параметра – видимої швидкості метеора. Розрахунок швидкості метеора знаходиться як переріз статистичних розподілів швидкостей, розрахованих незалежно за обома пунктами спостережень.

Ключові слова: метод Монте-Карло, метеор.

Вступ. Одночасні двохсторонні (базисні) телевізійні спостереження метеорів дають змогу, на відміну від односторонніх спостережень, розрахувати усі кінематичні характеристики траєкторії метеора в атмосфері Землі та елементи його геліоцентричної орбіти. На практиці обчислення п'яти елементів геліоцентричної орбіти метеора (6-й елемент – час проходження частинкою перигелію – не розраховується) відбувається за його геліоцентричними радіус-вектором R_H та вектором швидкості V_H [2]. При цьому небезпідставно вважається, що точність обчислення радіус-вектора значно менше впливає на точність елементів орбіти, аніж точність вектора швидкості. Ніякої корекції радіус-вектора метеороїда за гравітаційне притягання Землі не робиться. Більш того, деякі автори замість радіус-вектора частинки беруть положення центру Землі. Що ж до точності визначення вектора швидкості, то модуль швидкості V зазнає ряду корекцій. Спочатку відбувається перехід від топоцентричної до геоцентричної системи координат, тобто корекція за рух спостерігача, обумовлений добовим обертанням Землі. Потім, при можливості – корекція за атмосферне гальмування. Далі – врахування гравітаційного притягання Землі, тобто обчислення класичної геоцентричної швидкості метеора. Остаточо, з врахуванням положення Землі на орбіті, робиться перехід від геоцентричного вектора швидкості метеороїда V_G до геліоцентричного V_H (радіус-вектор частинки на даному етапі, очевидно, також коригується). Кутіві елементи орбіти менше залежать від точності обчислення вектора швидкості. А велика піввісь a , яка розраховується в векторному методі [2] як

$$V^2 = \mu_S(2/R - 1/a),$$