

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. Буромський, вед. інж., В. Мазур, інж.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ЗВЕЗД ЛУНОЙ В 2013-2014 ГГ.

Приведено описание телевизионных наблюдений покрытий двойных и одиночных 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

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

де μ_S – константа, та ексцентриситет e

$$p = a(1 - e^2),$$

де p – знайдений раніше за R_H та V_H (див. [2]) параметр орбіти, радикально залежать від точності розрахунку швидкості, очевидно, через те, що вона входить до формули в квадраті.

Точність розрахунку елементів орбіти метеора, в свою чергу, визначає можливість перевірки ряду фізичних гіпотез та моделей. Так, однією з проблем метеорної астрономії, вирішення якої суттєво залежить від точності визначення швидкості метеорної частинки, є наявність метеорів з гіперболічними орбітами. Очевидно, що з точки зору космогонії та еволюції Сонячної системи необхідно знати, чи метеори з гіперболічними орбітами є дійсно такими, тобто: або не належать Сонячній системі; або отримали фактичне збурення швидкості під час зближення з великими планетами; або є результатом похибок при обчисленнях результатів спостережень. Точність обчислення швидкості метеороїда, в свою чергу, визначається просторовою та часовою роздільними здатностями сучасних телевізійних систем. В той час, як точність визначення дальності до метеора від спостерігача, чи його висоти над рівнем моря визначається десятками чи сотнями метрів, похибка швидкості, на жаль, складає 1-2 км/с [4-8] практично для всіх видів телевізійних чи відео спостережних систем. Відтак очевидно, що будь-яка можливість підвищення точності обчислень кінематичних параметрів метеора має важливе фізичне значення та повинна бути використана. В даній роботі пропонується оригінальний підхід для обчислення швидкості, який базується на застосуванні методу Монте-Карло. Для пояснення розглянемо спочатку класичну схему визначення швидкості метеороїда за телевізійними спостереженнями з двох пунктів, викладену в [2].

Класична схема розрахунку швидкості метеороїда. Вхідними для подальших обчислень параметрами, які отримуються з астрометричної обробки метеорних зображень, є, в найпростішому випадку, ряди екваторіальних координат голови метеора, та відповідні їм моменти часу. Як правило, ця кількість складає від декількох точок до 20-25 по кожному з пунктів. Часова роздільна здатність при роботі лише з парними або непарними полями кадру – 0.04 сек. Подальша процедура обробки досить проста. Для кожного з пунктів спостереження методом найменших квадратів за всіма точками знаходиться вектор-перпендикуляр до площини, яка проходить через траєкторію метеора та точку спостереження (в термінах сферичної астрономії – одиничний вектор нормалі до великого круга – $\mathbf{P}_A$ та $\mathbf{P}_B$ для кожного пункту спостереження A і B). В найпростішому випадку – це векторний добуток одиничних векторів, направлених з пункту спостереження на першу та останню точки на метеорі. Далі одиничний безрозмірний вектор напрямку швидкості метеора $\mathbf{v}$, та протилежний йому одиничний вектор напрямку на радіант метеора $\mathbf{r}_R$, знаходяться як векторний добуток обчислених на попередньому кроці векторів нормалей до площин (великих кругів): $\mathbf{v} = \mathbf{P}_A \times \mathbf{P}_B / |\mathbf{P}_A \times \mathbf{P}_B|$, а $\mathbf{r}_R = -\mathbf{v}$.

Оскільки координати пунктів спостереження можна вважати заданими з достатньо високою точністю, то точність обчислення видимої швидкості метеора визначається трьома наступними базовими факторами. По-перше, це характеристики телевізійних систем, такі як їх просторова та часова роздільна здатність. Також значення має чутливість систем, яка визначає кількість доступних зір порівняння. необхідних для астрометричної обробки. По-друге, це методи астрометричної обробки, в першу чергу правильно підібрані редуційні моделі, які визначають точність обчислення екваторіальних координат індивідуальних точок на метеорному зображенні. І по-третє – це геометрія прольоту метеора відносно точок спостереження. Точність обчислення напрямку швидкості (через векторний добуток) буде максимальна, коли метеор летить перпендикулярно до площини, що проходить через пункти спостереження, та прямувати до нуля, коли метеор летить близько до цієї площини.

Оскільки орієнтація полів зору спостережних систем при базисних (двохсторонніх) спостереженнях є, як правило, наперед визначеною та незмінною, останній – третій фактор геометрії траєкторії метеора є, на жаль, неусувним, хоча і дуже важливим. Редуційні моделі, характеристики вибірки опорних зір, геометрії розташування шуканого об'єкта і вибірки, та інші фактори астрометричної обробки можуть бути оптимально підібрані в попередньо проведених тестах по зорях, як було зроблено, наприклад, в [1]. Таким чином вплив другої причини, що впливає на точність визначення швидкості, може бути оптимізованим. Щодо першої причини, тобто характеристик спостережної системи, то в нашому випадку вони такі: повні кадри розміру 768×576 пікселів, 8 біт/піксель, 25 кадрів/сек. Оскільки метеор є динамічним об'єктом, а електронного затвора в телевізійних системах типу ізокон не існує, тобто накопичення заряду відбувається неперервно, а зчитування заряду з мішені відбувається черезстроково, то, щоб уникнути накладання зображень метеора, слід повні кадри розділити на парні та непарні поля, та працювати з якимись з них. Просторова роздільна здатність при цьому, очевидно, зменшиться у два рази і стане 384×288 пікселів. Часова роздільна здатність залишиться 0.04 сек, якщо працювати з однією послідовністю полів, однак в два рази зросте та складе 0.02 сек, якщо незалежно опрацьовані ряди парних та непарних полів для подальшої обробки об'єднати. При такому об'єднанні у нас збільшиться вдвічі кількість точок з відомими моментами часу, що має суттєво підняти точність обчислення модуля швидкості.

Розрахунок модуля видимої швидкості V є наступним кроком після визначення координат радіанта метеора (або протилежного йому одиничного вектора швидкості). Очевидно, що повний вектор швидкості, необхідний для розрахунку елементів орбіти метеороїда, запишеться як $\mathbf{V} = V\mathbf{v}$. За відомим радіантом, тобто траєкторією метеора, через триангуляційну обробку знаходиться дальність від одного з пунктів спостереження R_i до кожної i -ї точки голови метеора з відомим моментом часу t_i . Для подальшого розгляду доцільно ввести відстань L_i вздовж траєкторії метеора від даної i -ї точки до деякої точки, що відповідає мінімальній відстані до пункту спостереження $R_{\perp}$. Якщо побудувати графік, на якому вздовж осі Y відкласти відстань L_i в кілометрах, а по осі X відповідний відносний час t_i (по-

ложенню голови метеора в першому кадрі відповідає момент часу $t = 0$), та апроксимуючи дану залежність прямою (швидкість малого метеороїда змінюється мало протягом часу існування), та враховуючи, що $V = dL/dt$ можна остаточно записати рівняння для визначення модуля швидкості

$$L(t) = Vt + L_{\perp} \quad (1)$$

З рівняння (1) методом найменших квадратів знаходяться середнє значення модуля швидкості метеора $\bar{V}$, та відстань $L_{\perp}$ від першої точки на метеорі до уявної точки $R_{\perp}$. Крім того, з реалізації методу найменших квадратів також маємо похибки коефіцієнтів регресії: σ_V та $\sigma_{L_{\perp}}$.

Таким чином, внаслідок кінематичної обробки метеора отримується одиничний вектор напрямку швидкості $\mathbf{v}$ та два значення модуля швидкості, отримані за різними точками спостереження: V_A та V_B . Очевидно, що в ідеалі вони повинні співпадати, однак на практиці, через похибки обчислень, вони відрізняються, іноді суттєво. На рис. 1 приведено графіки $L = L(t)$ для двох метеорів, зареєстрованих у вересні 2003 року. На рис. 1, зліва, представлено графік для досить довгого метеора (№ 25 за внутрішньою класифікацією). Кількість точок 16 за пунктом спостереження А та 33 за пунктом В. Відповідні середні значення швидкості складають $\bar{V}_A \approx 21.33$ км/с та $\bar{V}_B \approx 21.01$ км/с – тобто співпадіння практично ідеальне. На рис. 1, справа, приведено короткий слабкий метеор (№ 35), отриманий приблизно в той же час. Кількість точок 3 та 6 відповідно у пунктах А і В. Середні швидкості: $V_A \approx 66.63$ км/с та $V_B \approx 71.33$ км/с – співпадіння явно незадовільне. Виникає питання, яким чином проводити остаточне визначення модуля вектора швидкості V для досягнення максимальної точності. Скористаємося для оптимізації обчислень статистичним підходом.

Оптимізація точності обчислення швидкості методом Монте-Карло. В роботі [3] було розроблено та втілено ідею застосування методу Монте-Карло для обчислення похибок усіх кінематичних параметрів метеора. Суть методу [9] полягає в тому, щоб на початковій стадії астрометричних обчислень скористатися не лише середніми значеннями екваторіальних координат точок, що відповідають голові метеора, а і їх дисперсіями, які також обчислюються при застосуванні регресійного аналізу для астрометричної обробки відеозображень. Якщо з незалежних тестових досліджень стане відомо тип статистичного розподілу шуканих екваторіальних координат як випадкових величин, і буде встановлено, що отримані середні значення та дисперсії адекватно описують ці розподіли, то можна скористатися методом Монте-Карло та генерувати випадкові значення екваторіальних координат кожної точки на метеорі на кожному кроці серії повторень у відповідності до отриманих розподілів. Обчислюючи кожен кінематичний параметр на кожному кроці ми отримаємо після закінчення серії генерацій (достатньо 20 000) статистичні розподіли цих параметрів.

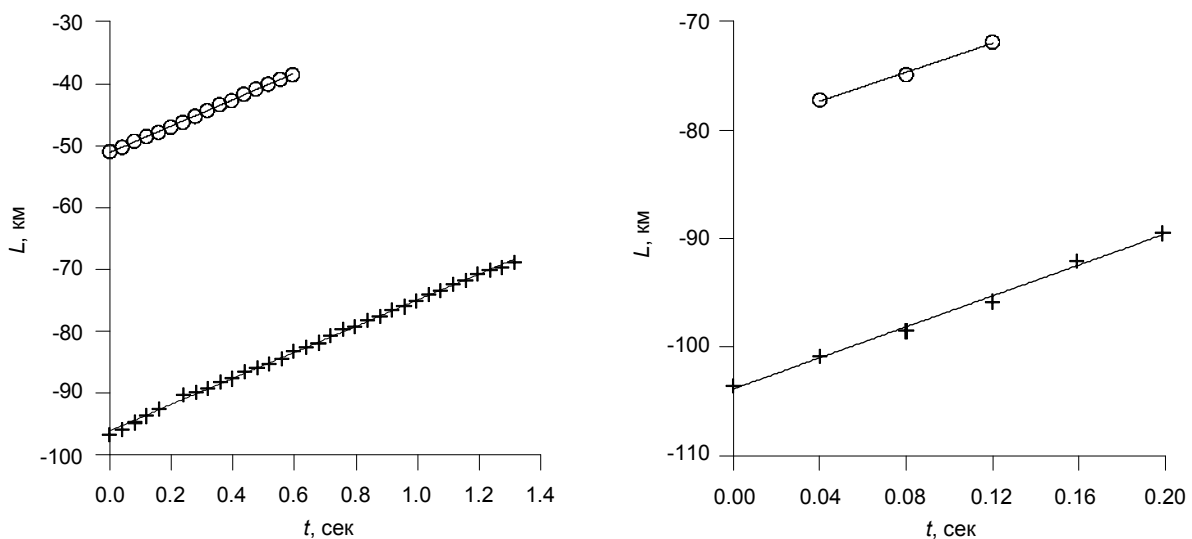


Рис. 1. Залежність пройденого метеором шляху від часу. Вересневі (2003 р.) метеори № 25 (зліва) та № 35 (справа). Круги – дані за пунктом А, хрестики – В

Оскільки будь-яка випадкова величина повністю описується своїм розподілом, то моменти цих розподілів і будуть нашими шуканими величинами. Іншими словами, отримані розподіли слід використовувати не лише для обчислення похибок – стандартних відхилень (дисперсій) – параметрів, але і середніх значень самих кінематичних параметрів.

Повертаючись до обчислення швидкості, зазначимо ще раз, що наша задача отримання кінцевого вектора $\mathbf{V} = V\mathbf{v}$ зводиться до двох підзадач: якомога точнішого обчислення напрямку швидкості (координат радіанта), та вибору оптимального значення модуля швидкості, яке обчислюється "незалежно" за обома пунктами спостережень V_A і V_B . Насправді, величини V_A і V_B не є незалежними, оскільки при їх обчисленні уже використовується положення траєкторії, тобто вектор $\mathbf{v}$. Тому першим важливим кроком бажано було б максимально підняти точність обчислення саме $\mathbf{v}$ (або координат радіанта). Ця задача в [2] реалізується наступним чином. Кадри з зображенням метеора на певному етапі обробки сумуються, в результаті чого отримується результуючий кадр з неперервним зображенням сліду метеора схожим на фотографічне зображення. Вздовж цього зображення виділяється максимальна кіль-

кість точок, для яких також розраховуються екваторіальні координати. Саме за цими точками (а їх на порядки більше ніж положень голови метеора з відомими моментами часу) розраховуються координати радіанта метеора, а відтак і вектора напрямку швидкості – див. рис. 2.

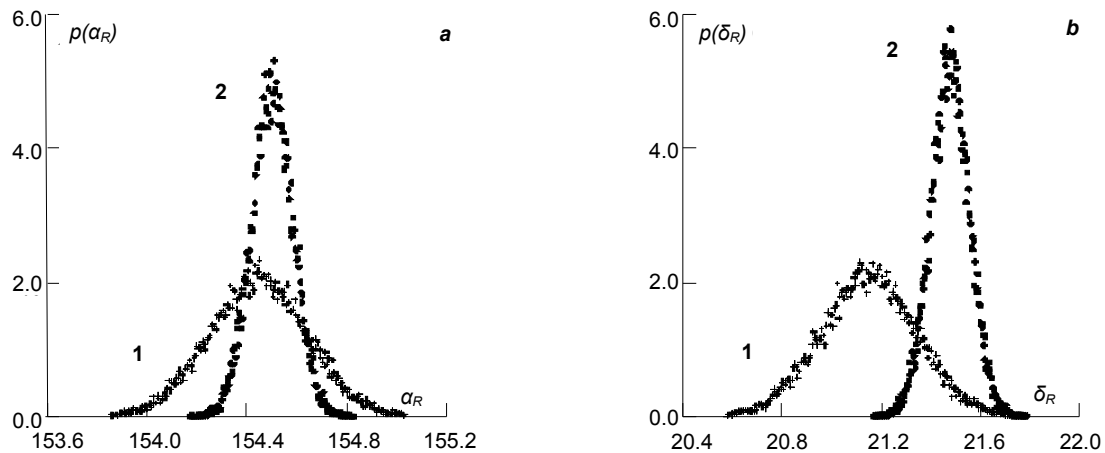


Рис. 2. Статистичні розподіли прямого сходження (а) та схилення (b) радіанта метеора, розраховане по точках голови метеора (1) та просумованому зображенню (2)

Для того, щоб вибрати якесь значення модуля швидкості, можна скористатися кількома варіантами, які усі опційно реалізовані у відповідному програмному забезпеченні [9]. По-перше, це може бути просто вибір якогось значення по одному з пунктів. Однак більш коректним видається не відкидати зовсім ніякі значення, оскільки будь-які виміри несуть в собі інформацію. Замість цього пропонувалось [2] брати середньо зважене значення $V = C_A V_A + C_B V_B$, де вагові коефіцієнти C , очевидно, є нормованими на одиницю: $C_A + C_B = 1$. Для вибору вагових коефіцієнтів було реалізовано різні ідеї, які базуються на попередньо проведених тестових дослідженнях. Наприклад, очевидно, що точність вимірів повинна бути пропорційна просторовій роздільній здатності телевізійної системи, тобто обернено пропорційна кутовому розміру пікселя, якщо використовуються різні об'єктиви. Коли для спостережень шторму Леонід у 2002 році в пункті В використовувався об'єктив Геліос-40 (розмір пікселя $P_{SB} \approx 2.2'$) а в пункті А для забезпечення більшого поля зору об'єктив Юпітер-3 ($P_{SA} \approx 4.0'$), вагові коефіцієнти визначались як $C_A = \frac{1/P_{SA}}{1/P_{SA} + 1/P_{SB}}$,

$C_B = \frac{1/P_{SB}}{1/P_{SA} + 1/P_{SB}}$. Якщо точність визначення швидкості прямо пропорційна параметру, який береться за основу для визначення вагових коефіцієнтів (наприклад кількість точок зображення голови метеора – кількість використаних кадрів N), то вагові коефіцієнти визначаються як

$$C_A = \frac{N_A}{N_A + N_B}, \quad (2)$$

$$C_B = \frac{N_B}{N_A + N_B}. \quad (3)$$

Оптимальним, однак, виглядає використання похибки обчислення самого модуля швидкості σ_V :

$$C_A = \frac{1/\sigma_{VA}}{1/\sigma_{VA} + 1/\sigma_{VB}}, \quad (4)$$

$$C_B = \frac{1/\sigma_{VB}}{1/\sigma_{VA} + 1/\sigma_{VB}}. \quad (5)$$

Кінцева ідея уточнення обчислення модуля швидкості демонструється наступним. Зважаючи на те, що ми маємо розподіли фізичних випадкових величин, замість формул (4), (5) можна скористатися безпосередньо самими розподілами. На рис. 3 приведено розподіли швидкості метеора № 35, який розглядався раніше. Лівий розподіл швидкості побудований за 3-ма точками з пункту А (основні моменти розподілу: $\bar{V}_A \approx 66.59$ км/с, $\sigma_{VA} \approx 0.95$ км/с), а правий – за 6-ма точками пункту В ($\bar{V}_B \approx 71.00$ км/с, $\sigma_{VB} \approx 1.31$ км/с). Не дивлячись на той факт, що в пункті В точок у два рази більше, розподіл є ширшим (дві точки суттєво відхилялися від середнього), що ще раз підтверджує слабкість методу усереднення, де вагові коефіцієнти розраховувалися б через кількість точок на метеорі за формулами (2) та (3). Використання стандартного відхилення, очевидно, має свої переваги та дасть, в даному випадку, адекватні результати.

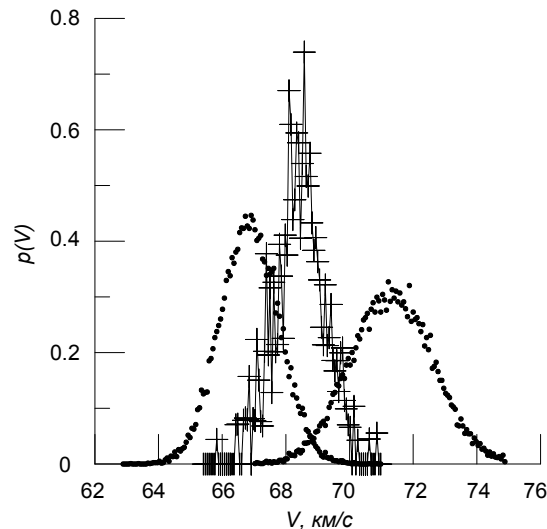


Рис. 3. Статистичні розподіли модуля швидкості метеора № 35 розраховані за пунктом А – зліва та В – справа, та переріз цих розподілів – посередині

Однак більш універсальний підхід можна запропонувати, якщо використати безпосередньо самі розподіли. Очевидно, що значення фізичного параметра повинно належати області ненульових ймовірностей обох розподілів. Тобто, наприклад, у відповідності до лівого розподілу на рис. 3 найбільш імовірне значення швидкості лежить в діапазоні 66-67 км/с. Це означає, що користуючись даними з одного пункту ми б вибрали у якості шуканої величини значення $\bar{V}_A \approx 66.59$ км/с. Однак, як видно з правого розподілу імовірність такого значення швидкості прямує до нуля. Аналогічна ситуація була б при використанні лише правого розподілу рис. 3. Очевидно, що інформацію, наявну в обох (або, при можливості, більше) розподілах, слід використовувати спільно. Таким чином, найбільш доцільним виглядає у якості опису кінцевого розподілу швидкості обрати статистичний переріз (добуток) розподілів за обома пунктами, тобто

$$p(V) = \frac{p_A(V)p_B(V)}{\int_{-\infty}^{+\infty} p_A(V)p_B(V)dV} \quad (6)$$

У формулі (6) знаменник забезпечує нормування на одиницю. На практиці використовується аналогічна формула для чисельних розрахунків

$$p_i(V) = \frac{p_{Ai}(V_i)p_{Bi}(V_i)}{\sum_{i=1}^M p_{Ai}(V_i)p_{Bi}(V_i)\Delta V} \quad (7)$$

де M – кількість комірок в гістограмах, по яких ведеться сумування (усі комірки з ненульовою ймовірністю), ΔV – ширина комірки в км/с. На рис. 3 представлений шуканий розподіл модуля швидкості метеора. Не дивлячись на великі флуктуації значень $p(V)$ у кінцевому розподілі він має меншу дисперсію, тобто значення швидкості обчислюється точніше $\bar{V} \approx 68.46$ км/с, $\sigma_V \approx 0.71$ км/с. Точність побудови результуючого розподілу можна підвищити, якщо згладити контури розподілів А і В. Цього можна досягти шляхом або збільшення кількості кроків генерації в методі Монте-Карло, або, наприклад, застосуванням перед множенням розподілів згладжуючих апроксимацій, наприклад ковзного середнього.

Висновки. Статистичний підхід, запропонований для розрахунку кінематичних параметрів метеора, зокрема модуля його видимої швидкості в атмосфері Землі є досить потужним інструментом, який може забезпечити максимально можливу точність обчислень для даного типу спостережної апаратури, та саме головне – для кожного індивідуального метеора. Слід однак пересторогти, що даний метод буде забезпечувати коректні результати лише при відсутності явно вираженої систематичної похибки в астрометричних розрахунках, тобто при коректності відповідних розподілів, побудованих за обома пунктами. Використання даного підходу може не демонструвати явної переваги перед, скажімо, використанням формул (4)-(5) в більшості випадків. Однак приклад з метеором № 35, де, через слабкість метеора, та, як наслідок, малу кількість точок та складність вимірювань метод демонструє суттєві переваги. Даний метод не обмежується використанням спостережних камер типу ізокон і може бути використаний у ряді інших випадків, в тому числі і при спостереженні та обробці інших динамічних об'єктів.

Список використаних джерел

1. Козак П.Н. Анализ методов и точность определения экваториальных координат при цифровой обработке телевизионных наблюдений метеоров // Кинематика и физика небесных тел. – том 18, № 5. – 2002. – С. 471-480.
2. Козак П.Н. Векторный метод определения параметров траектории и элементов гелиоцентрической орбиты метеора для телевизионных наблюдений // Кинематика и физика небесных тел. – том 19, № 1. – 2003. – С. 62-76.
3. Козак П.М. Фотометрія і кінематика метеорів за телевізійними спостереженнями // Канд. дис. к. ф.-м. н., Головна астрономічна обсерваторія АН України. – Київ. – 2005. – 149 С.
4. Козак П.М., Рожило О.О., Тарануха Ю.Г., Кручиненко В.Г. Кінематичні характеристики вересневих метеорів за базисними телевізійними спостереженнями 2003 року // Космічна наука і технологія. – Т. 17, № 4. – 2011. – С. 51-62.

5. Козак П. М., Рожило О. О., Тарануха Ю. Г. Кінематичні параметри метеорів за результатами базисних телевізійних спостережень в період осіннього рівнодення 2001 року // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія. – Вип. 49. – 2012. – С. 19-24.
6. Cepelha Z., Borovicka J., Elford W.G., Revelle D., Hawkes R., Porubcan V., Simek M. Meteor phenomena and bodies // Space Science Reviews. – No 84. – 1998. – P. 327-471.
7. Hawkes, R. L., Mason, K. I., Fleming, D. E. B., and Stultz, C. T.: in D. Ocas and P. Zimnikoval (eds.), 'Analysis Procedures for Two Station Television Meteors', Proceedings International Meteor Conference 1992, IMO Publication, Antwerp. – 1993. – P. 28–43.
8. Kozak P., Rozhilo O., Kruchynenko V., Kazantsev A., Taranukha A. Results of processing of Leonids-2002 meteor storm TV observations in Kyiv. – Advances in Space Research. – Vol. 39, Iss. 4. – 2007. – P. 619-623.
9. Kozak P. "Falling Star": Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations. – Earth, Moon, and Planets. – Vol. 102, N 1-4. – 2008. – P. 277-283.

Надійшла до редколегії 17.06.14

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

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СКОРОСТИ МЕТЕОРА ИЗ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Применен метод Монте-Карло в кинематической обработке результатов двусторонних телевизионных наблюдений метеоров. С помощью обработки непосредственно статистических распределений кинематических параметров метеора предложена идея поднять точность вычисления важнейшего для расчета метеорной орбиты параметра – видимой скорости метеора. Расчет скорости метеора находится как сечение статистических распределений скоростей, рассчитанных независимо по обоим пунктам наблюдений.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, метеор.

P. Kozak, Ph.D., Senior Scientific Researcher
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

MONTE-CARLO METHOD APPLICATION FOR PRECISING METEOR VELOCITY FROM TV OBSERVATIONS

Monte-Carlo method (method of statistical trials) as an application for meteor observations processing was developed in author's Ph.D. thesis in 2005 and first used in his works in 2008. The idea of using the method consists in that if we generate random values of input data – equatorial coordinates of the meteor head in a sequence of TV frames – in accordance with their statistical distributions we get a possibility to plot the probability density distributions for all its kinematical parameters, and to obtain their mean values and dispersions. At that the theoretical possibility appears to precise the most important parameter – geocentric velocity of a meteor – which has the highest influence onto precision of meteor heliocentric orbit elements calculation. In classical approach the velocity vector was calculated in two stages: first we calculate the vector direction as a vector multiplication of vectors of poles of meteor trajectory big circles, calculated from two observational points. Then we calculated the absolute value of velocity independently from each observational point selecting any of them from some reasons as a final parameter. In the given method we propose to obtain a statistical distribution of velocity absolute value as an intersection of two distributions corresponding to velocity values obtained from different points. We suppose that such an approach has to substantially increase the precision of meteor velocity calculation and remove any subjective inaccuracies.

Keywords: Monte-Carlo method, meteor.

УДК 523.64

І. Лук'яник, канд. фіз.-мат. наук
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

АКТИВНІСТЬ КОМЕТИ C/2009 P1 (GARRADD)

В роботі проводиться дослідження кривої блиску комети C/2009 P1 (Garradd). Використано 9099 спостережень комети протягом періоду з 27.09.2008 по 26.02.2014. Обраховано фотометричні параметри. Досліджується зв'язок з сонячною активністю. Зроблено висновки щодо джерел газоутворення поблизу перигелію в цій кометі.

Ключові слова: комети, крива блиску, C/2009 P1 (Garradd), сонячна активність.

Г. Дж. Гаррад (обсерваторія Сайдинг-Спрінг, Австралія) виявив цю комету на чотирьох зображеннях, отриманих в період з 13.77 серпня по 13.81 серпня 2009 р. Він використовував 0,5-м Упсала Шмідт телескоп з ПЗЗ-камерою. Її яскравість була оцінена як 17.5-17.7 з.в. Кома була круговою, розміром 15" в поперечнику. Перше підтвердження було отримано В. Робледо (обсерваторія El Condor, Кордоба) 14.17 серпня 209 р. Перша орбіта була розрахована Б. Г. Марсденом 15 серпня 2009. Це була гіперболічна орбіта. Відстань перигелію становила 1.25 а.о., який комета мала пройти 23.67 грудня 2011 р. Отже, комета C/2009 P1 (Garradd) є динамічно молододою кометою. Вона не була яскравою, але добре спостерігалася починаючи з геліоцентричної відстані 3.5 а.о. до перигелію і до 4.5 а.о. після. Розвиток її активності спостерігався багатьма різними обсерваторіями та інструментами, як на землі так і в космосі (Deer Impact, SWIFT, SOHO-SWAN, VLT-UVES, IRTF і багато інших). Комету C/2009 P1 (Garradd) можна вважати першою кометою, для якої темпи виробництва всіх трьох основних летючих (H₂O, CO, і CO₂) були виміряні протягом значної частини шляху її проходження через внутрішню частину Сонячної системи. Ці спостереження дають неоціненний ключ до розуміння газоутворення та газопродуктивності. На відстані 3.5 а.о. комета C/2009 P1 мала найвище співвідношення пилу до газу з тих, які коли-небудь спостерігалися. Це значення може зрівнятися лише з відповідним значенням у кометі Хейла-Боппа. Порівняння вимірювань та спостережень показали, що в діапазоні від 3 а.о. до 2 а.о. досить значне протяжне джерело в комі почало продукувати воду [3,4,5]. Цим джерелом, ймовірно, є крижані зерна [2]. Інші летючі, які спостерігались в комі, вказують на досить складний механізм газоутворення. Газопродуктивність комети комета C/2009 P1 (Garradd) була складною і істотно змінювалася протягом всього часу спостережень. Відтак важливим є детальне вивчення кривої блиску комети C/2009 P1 (Garradd).

Загалом в роботі використано 9099 спостережень комети протягом періоду з 27.09.2008 по 26.02.2014. На рис. 1 наведено криву блиску комети C/2009 P1 (Garradd) в координатах час-зоряна величина. На рис.2 наведені криві блиску в координатах (lg r, m_d) до перигелію (a) та після (b), а також апроксимуючі криві розраховані за формулою