

7. Osterbrock D. E., De Robertis, M. M. Optical spectra of IRAS "warm" galaxies / Osterbrock D. E., De Robertis, M. M. // Publ. of Astron. Soc. Pasific. – 1985. – Vol. 97. – P. 1129–1141.
8. Pal M., Dewangan G. C., Misra R., Pawar P. K. X-ray/UV variability and the origin of soft X-ray excess emission from II Zw 177/ Pal M., Dewangan G. C., Misra R., Pawar P. K. // MNRAS. – 2016. – Vol. 457. – P. 875–886.
9. Panessa F., De Rosa, A., Bassani, L., et al. Narrow-line Seyfert 1 galaxies at hard X-rays / Panessa F., de Rosa A., Bassani L., Bazzano A., Bird A., Landi R., Malizia A., Miniutti G., Molina M., Ubertini P. // MNRAS. – 2011. – Vol. 417. – P. 2426–2439.
10. Patuarel G., Dubois P., Petit C., Woelfel F. Comparison LEDA/SIMBAD octobre 2002. Catalogue to be published in 2003 / Patuarel G., Dubois P., Petit C., Woelfel F. // LEDA. – 2002. – id. 0.
11. Veron-Cetty M.-P., Véron P. A catalogue of quasars and active nuclei: 12th edition/ Veron-Cetty M.-P., Véron P. // Astron. & Astroph. – 2006. – Vol. 455. – P. 773–777.
12. Wang T., Lu Y. Black hole mass and velocity dispersion of narrow line region in active galactic nuclei and narrow line Seyfert 1 galaxies/ Wang T., Lu Y. // Astron. & Astroph. – 2001. – Vol. 377. – P. 52–59.
13. Woo J.H., Treu T., Barth A.J., et al. The Lick AGN Monitoring Project: The MBH – sigma Relation For Reverberation-Mapped Active Galaxies/ Woo J.H., Treu T., Barth A.J., Wright S.A., Walsh J.L., Bentz M.C., Martiny P., Bennert V.N., Canalizo G., Filippenko A.V. // Astroph. Journal. – 2010. – Vol. 716. – P. 269–280.

Надійшла до редколегії 05.09.17

Е. Федорова, канд. фіз.-мат. наук
Астрономическая обсерватория
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ МАССЫ ЧЁРНОЙ ДЫРЫ НА ОСНОВЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОМЕТРИИ NGC 4748

Анализируются все доступные данные рентгеновской фотометрии галактики Сейферта 1 типа с узкими линиями NGC 4748, а именно XMM-Newton/EPIC, INTEGRAL (ISGRI и JEM-X), а также SWIFT (BAT и XRT) с целью оценить, насколько это представляется возможным, массу центральной чёрной дыры по переменности кривых блеска. На композитной кривой блеска XMM/EPIC были обнаружены квазипериодические вариации потока в диапазоне 0.5–10.0 кеВ на временных масштабах 10^3 секунд. Эти вариации были интерпретированы как следствие излучения плотного горячего комка материи, обращающегося вокруг центральной чёрной дыры по траектории, близкой к наиболее внутренней стабильной орбите. Анализ этой кривой блеска с помощью автокорреляционной функции позволил установить верхнюю границу массы чёрной дыры на уровне $6.23 \cdot 10^7 M_{\odot}$.

Ключевые слова: активные ядра галактик, рентгеновское излучение, масса черной дыры.

О. Федорова, канд. фіз.-мат. наук
Астрономічна обсерваторія
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕРХНЬОЇ МЕЖІ МАСИ ЧОРНОЇ ДІРКИ НА ОСНОВІ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ ФОТОМЕТРІЇ NGC 4748

Аналізуються всі доступні дані рентгенівської фотометрії галактики Сейферта 1 типу з вузькими лініями NGC 4748, а саме XMM-Newton/EPIC, INTEGRAL (ISGRI і JEM-X), а також SWIFT (BAT і XRT) із метою оцінити, наскільки це можливо, масу центральної чорної діри за змінністю кривих блиску. На композитній кривій блиску XMM/EPIC були знайдені квазиперіодичні варіації потоку в діапазоні 0.5–10.0 кеВ на часових масштабах 10^3 секунд. Ці варіації інтерпретувалися як наслідок випромінювання густого гарячої грудки матерії, що обертається навколо центральної чорної діри по траєкторії, близької до найбільш внутрішньої стабільної орбіти. Аналіз цієї кривої блиску за допомогою автокореляційної функції дозволив встановити верхню межу маси чорної діри на рівні $6.23 \cdot 10^7 M_{\odot}$.

Ключові слова: активні ядра галактик, рентгенівське випромінювання, маса чорної діри.

УДК 521.9

Н. Майгурова, канд. фіз.-мат. наук,
А. Помазан, мол. наук. співроб., НДІ "Миколаївська астрономічна обсерваторія"
О. Кожухов, канд. техн. наук, Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю
навігаційного поля Національного центру управління та випробувань космічних засобів ДКА України

ПЗЗ – СПОСТЕРЕЖЕННЯ АСТЕРОЇДА 2014 JO25 У ПЕРІОД ЙОГО ТІСНОГО ЗБЛИЖЕННЯ ІЗ ЗЕМЛЕЮ У КВІТНІ 2017 РОКУ

Наведено астрометричні результати обробки спостережень потенційно-небезпечного астероїда 2014 JO25, що одержано на новому 0.30 м телескопі Національного центру управління та випробувань космічних засобів (с. Залісці) і телескопі КТ-50 комплексу Мобтел НДІ "МАО" (м. Миколаїв). Отримано масив топоцентричних положень астероїда за 3 дати спостережень у системі опорного каталогу UCAC-4. Оцінки позиційної точності положень астероїда обчислено шляхом порівняння з ефемеридою HORIZONS лабораторії NASA JPL. Середні значення СКП різниць (0–) по обох координатах знаходяться в діапазоні (0.1–0.2) "для спостережень у Миколаєві і (0.3–0.4)" для спостережень у Залісцях.

Ключові слова: астероїди, ПЗЗ-спостереження.

Вступ. Високоточні астрометричні спостереження астероїдів необхідні для того, щоб об'єкти, які вперше відкриті, не були втрачені в майбутньому через неточності визначення орбіти, а також для зменшення невизначеностей у значеннях елементів орбіти. Астероїд 2014 JO25 належить до класу Аполлонов і входить до групи так званих потенційно-небезпечних астероїдів, періодично наближаючись до Землі менш ніж на 0.05 а.о. Він був відкритий А. Грауером 5 травня 2014 р. за допомогою автоматизованого телескопа на піку Маунт-Леммон у межах Каталінського проекту огляду неба [1]. За допомогою даних космічної місії NEOWISE були отримані оцінки діаметра й альbedo цього астероїда. Значні розміри астероїда (близько 650 м) і високе альbedo (0.25) зробили його цікавою метою для радарних спостережень під час прольоту поблизу Землі в квітні 2017 р. Однак точність обчислення орбіти за спостереженнями 2014 р. була недостатньою для проведення радарних спостережень.

Заплановані спостереження цього астероїда у вересні 2016 р. на 8 м телескопі обсерваторії Джеміні допомогли лише трохи уточнити існуючу орбіту, оскільки точні астрометричні вимірювання в той час були неможливі через слабкість астероїда. Вирішальну роль в зменшенні невизначеностей елементів орбіти зіграли положення цього об'єкта, що були виявлені в архівах спостережень телескопа PANSTARRS і належали до попереднього проходження цього астероїда поблизу Землі в 2011 р. [2]. Підключення всього масиву спостережень на проміжку 2011–2016 рр. уможливило успішно здійснити заплановані радарні спостереження, які істотно розширили наші знання про цей астероїд.

Телескопи і методика обробки. У 2017 р. астероїд 2014 JO25 був доступний для спостережень для більшості наземних телескопів у період з 17 квітня по 24 травня. У цій роботі представлені спостереження 2014 JO25, отримані на двох українських телескопах:

- 1) новому телескопі Національного центру управління та випробувань космічних засобів ДКА України. Це були перші спостереження подібного роду об'єктів на цьому телескопі. Телескоп було створено групою Сергія Івановича Вербицького (Тернопіль) у межах програми модернізації обладнання КОС співробітниками ГАО НАН України. Спостереження отримані на короткофокусному світлосильному гіді ($D = 300\text{mm}$, $F = 300\text{mm}$), оснащеному камерою CMOS ZWO ASI-174MM-Cool (mono) розміром $1.9\text{K} \times 1.2\text{K}$, із розміром пікселя $5.9 \times 5.9 \mu\text{m}$, що забезпечує масштаб $4''/\text{pixel}$ у поле зору $129' \times 81'$, код обсерваторії в базі даних MPC – L18. Спостереження виконані в інтегральному світлі.
- 2) телескопі КТ-50 комплексу Мобітел ($D = 500\text{mm}$, $F = 3000\text{mm}$), оснащеному камерою Alta U9000 розміром $3\text{K} \times 3\text{K}$, із розміром пікселя $12 \times 12 \mu\text{m}$, що забезпечує масштаб $0,83''/\text{pixel}$ у поле зору $42,5' \times 42,5'$. На телескопі встановлено фільтр ОС-14 зі смугою пропускання близькою до смуги R_c , код обсерваторії – 089.

Статистичні дані про отримані спостереження представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Статистика спостережень

Дата спостережень	Трив., год	Код обсер.	Кількість кадрів	Експоз., с	Видима швидкість руху, $''/\text{год}$		Зор. величина*
					$RA \cdot \cos(DEC)$	DEC	
19.043–19.092	1.2	L18	109	2	-6526	6645	13.2
24.782–24.948	4.0	089	125	85	-64	-169	14.6
25.765–25.945	4.3	089	87	85	-46	-122	15.0

* на середину інтервалу спостережень

Як можна бачити з табл. 1, величина експозиції при спостереженнях 19 квітня становила всього 2 с. Це обумовлено дуже високою видимою швидкістю руху об'єкта. Спостереження 24 і 25 квітня виконувалися у звичайному режимі, оскільки за час експозиції переміщення об'єкта в полі зору становило 1–1.5 FWHM.

Астрометрична редукція спостережень виконувалась за стандартною схемою за допомогою програмного пакету "Astrometrica" v.4.10.0.431. Для моделі зв'язку тангенціальних і інструментальних координат використовувався кубічний поліном. Опорним каталогом для обчислення екваторіальних топоцентричних координат об'єкту, згідно з рекомендаціями MPC, був обраний каталог UCAC-4 [3].

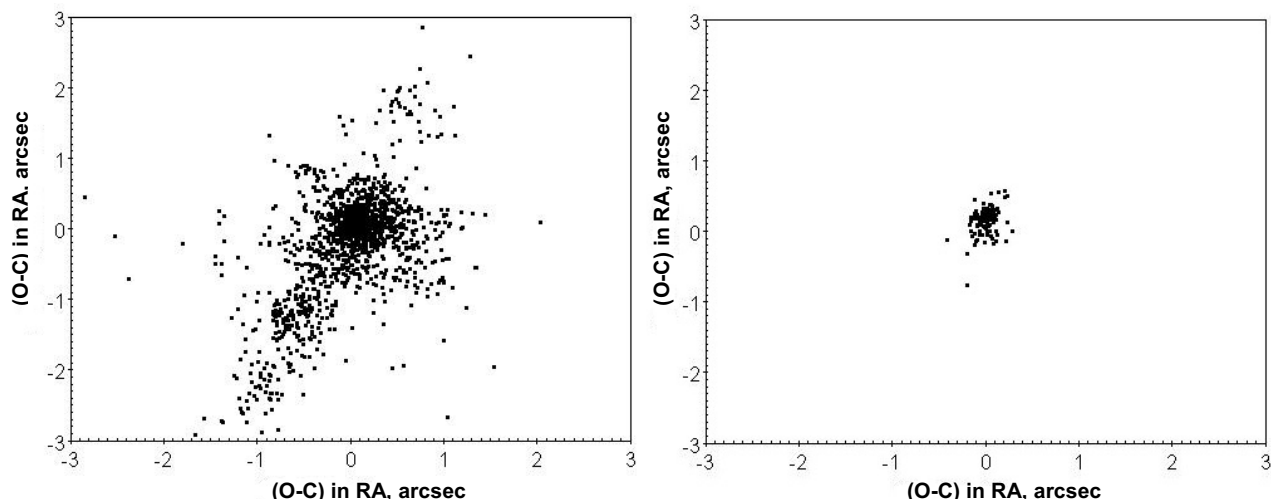


Рис. 1. Взаємний розподіл залишкових різниць (O–C) астероїда 2014 JO25 для спостережень, отриманих у 2017 р. (значення різниць узяті з бази даних NEODys-2), ліворуч – усе спостереження з остаточними різницями (O–C) $< 3''$, праворуч – спостереження, отримані в Миколаївській обсерваторії (089)

Аналіз позиційної точності. Унаслідок виконання астрометричних редукцій було отримано масив топоцентричних екваторіальних координат астероїда, який був відправлений до бази даних Центру малих планет (MPC) [4]. Для оцінки внутрішньої точності отриманих спостережень використовувалась середньоквадратична помилка різниць (O–C) (СКП), де O – екваторіальні координати об'єкта в системі каталогу UCAC-4 на момент спостереження,

C – положення, обчислені за допомогою ефемериди HORIZONS лабораторії JPL [5]. Отримані оцінки внутрішньої точності наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Точність спостережень

Дата спостережень	Код обсер.	(O–C), с дуги		СКП (O–C), с дуги	
		RA*cos(DEC)	DEC	RA cos(DEC)	DEC
19	L18	0.06	-0.02	0.42	0.34
24	089	-0.13	-0.00	0.07	0.11
25	089	0.07	0.18	0.09	0.16

Як можна бачити з табл. 2, для спостережень Миколаївської обсерваторії точність визначення одного положення астероїда не перевищує 0.2", а для спостережень обсерваторії L18 (коли об'єкт мав максимальну швидкість видимого переміщення) – 0.4". Ці результати показують перспективність використання малих телескопів для наземних спостережень астероїдів, що зближуються із Землею.

Для оцінки зовнішньої точності й порівняння з даними, отриманими іншими спостерігачами, використовувалися дані відкритого інтернет-ресурсу NEODys-2 [6]. Усього за період із 17 квітня по 24 травня було отримано 1513 положень астероїда 2014 JO25 65 різними спостерігачами, які використовували 13 різних опорних каталогів для визначення положень. На рис. 1 (ліворуч) представлено взаємний розподіл усіх різниць (O–C), абсолютне значення яких не перевищує 3" (1438), праворуч – різниці, отримані для спостережень Миколаївської обсерваторії (089). Середні значення СКП різниць (O–C) для всього масиву положень цього астероїда становлять 0.49" і 0.76" для прямого сходження і схилення, відповідно.

Табл. 3 містить інформацію про спостерігачів, які отримали найбільшу кількість спостережень астероїда 2014 JO25 у період його зближення із Землею в 2017 р. У таблиці наведено кількість положень, дані про опорний каталог, і середні значення остаточних різниць (O–C) і їх СКП, що обчислено з використанням ефемерид сервісів NEODys-2 і HORIZONS.

Таблиця 3

Статистичні характеристики масивів спостережень окремих обсерваторій

Код MPC	Кількість положень		Опорний каталог	Середнє (O–C) ±СКП, " (NEODys-2)		Середнє (O–C) ±СКП (HORIZONS), "	
	N	%		RA	DEC	RA	DEC
Z73	251	17	UCAC4	-0.47±0.38	-1.04±0.79	-0.49±0.38	-1.20±0.79
H78	164	11	Інф. відсутня	0.28±0.23	0.13±0.24	0.08±0.33	0.00±0.25
089	118	8	UCAC4	0.01±0.10	0.15±0.18	-0.03±0.11	0.10±0.18
L18	110	7	UCAC4	0.49±0.40	-0.44±0.34	0.06±0.42	-0.02±0.34
H45	82	5	UCAC4	-0.28±0.86	-0.28±0.81	-0.52±0.96	-0.34±0.83
J38	57	4	CMC-15	0.14±0.49	0.27±0.80	-0.03±0.48	-0.00±0.80
Z80	55	4	UCAC4, GAIA DR1	0.12±0.31	0.20±0.25	0.01±0.36	0.26±0.31
510	50	3	PPMXL	-0.59±0.19	-0.54±0.96	-0.85±0.13	-0.55±1.27
C23	46	3	UCAC4	-0.06±0.37	0.04±0.60	-0.27±0.39	0.14±0.73
B92	41	3	UCAC4	0.09±0.22	-0.20±0.53	0.08±0.26	-0.20±0.54

Як показують дані табл. 3, дані нашої роботи мають добру точність у випадковому та систематичному відношенні. При цьому між даними, отриманими різними спостерігачами існують значущі систематичні розбіжності. Це призводить до необхідності призначення різних ваг окремих спостереженнями. Із даних табл. 3 також можна помітити окремі розбіжності в середніх значеннях залишкових різниць (O–C) для ефемерид NEODys і HORIZONS. Можливим поясненням цього є різні схеми призначення ваг окремих спостереженнями при побудові ефемерид.

Список використаних джерел

1. Minor Planet Electronic Circ., No.2014-J74 (2014).
2. NASA Jet Propulsion Laboratory [Електронний ресурс] // Режим доступу до сторінки https://echo.jpl.nasa.gov/asteroids/2014JO25/2014JO25_planning.html
3. The Fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4) / [N. Zacharias, C. Finch, T. Girard та ін.] // The Astronomical Journal. – 2013. – № 145. – С. 44–5.
4. Minor Planet & Comet Ephemeris Service [Електронний ресурс] // Режим доступу до сторінки: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>
5. NASA Jet Propulsion Laboratory [Електронний ресурс] // Режим доступу до сторінки: <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top>
6. NEODys-2 Near Earth Objects Dynamic Site [Електронний ресурс] // Режим доступу до сторінки : <http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=0>

Надійшла до редколегії 14.08.17

Н. Майгурова, канд. физ.-мат. наук,
А. Помазан, мл. науч. сотр.,

НИИ "Николаевская астрономическая обсерватория"

А. Кожухов, канд. техн. наук, Центр приема и обработки специальной информации и контроля навигационного поля Национального центра управления и испытаний космических средств ГКА Украины

ПЗС – НАБЛЮДЕНИЯ АСТЕРОИДА 2014 JO25 В ПЕРИОД ЕГО ТЕСНОГО СБЛИЖЕНИЯ С ЗЕМЛЕЙ В АПРЕЛЕ 2017 ГОДА

Представлены астрометрические результаты обработки наблюдений потенциально-опасного астероида 2014 JO25, полученные на новом 0.30 м телескопе Национального центра управления и испытаний космических средств (с. Залисцы) и телескопе КТ-50 комплекса Мобител НИИ "НАО" (Николаев). Получен массив топоцентрических положений астероида за 4 даты наблюдений в системе опорного каталога UCAC-4. Оценки позиционной точности положений астероида вычислена путем сравнения с эфемеридой HORIZON

лаборатории JPL. Средние значения СКО разностей (O-C) по обеим координатам находятся в диапазоне (0.1–0.2) " для наблюдений в Николаеве и (0.3–0.4) " для наблюдений в Залисцах.

Ключевые слова: астероиды, ПЗС-наблюдения.

N. Maigurova, Ph. D., A. Pomazan, Junior Researcher, Research Institute "Mykolaiv Astronomical Observatory"
O. Kozhuhov, Ph. D. Center of Special Information Receiving and Processing and Navigating Field Control, National Center Of Space Facilities Control And Test, State Space Agency of Ukraine

RESULTS FROM OPTICAL CCD OBSERVATIONS OF ASTEROID 2014 JO25 DURING ITS CLOSE APPROACH TO THE EARTH ON APRIL 19, 2017

Astrometric observations play a key role in ensuring that moving objects first detected remain recoverable after their discovery. The asteroid 2014 JO25 qualified as Potentially Hazardous Asteroid was discovered in May 2014 by astronomers at the Catalina Sky Survey, Arizona. We present the results of the optical CCD-observations of the asteroid 2014 JO25 obtained during its close approach to the Earth April 19, 2017. The observations of the asteroid were carried out at telescope KT-50 (Mobitel complex) of Nikolaev Astronomical Observatory and short-focus 0.30-m Zonnefeld telescope equipped CMOS camera of Center of Special Information Receiving and Processing and Navigating Field Control. The observations series during three nights were obtained (April 19, 24, 25). The observations were reduced with the Astrometrica software, using the USNO CCD Astrograph Catalogue 4 (UCAC-4) as a reference. We have made the comparison of observed topocentric positions (O) with the calculated ephemeris (C) provided by online service HORIZONS and have calculated the residuals (O-C) in both coordinates. The RMS errors of the differences (O-C) were within (0.1-0.2) " and (0.3 - 0.4) " for Nikolaev and Zalitsy observations respectively. To estimate external accuracy of our observations and to compare our results with other observatories from open data-base NEODyS-2 was used.

Keywords: asteroids, CCD-observations.

УДК 524.7

О. Александров, канд. фіз.-мат. наук, старш. наук. співроб.
Астрономічна обсерваторія
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ГРАВІТАЦІЙНУ ЛІНЗУ ЧАНГ – РЕФСДАЛА

На прикладі лінзи Чанг – Рефсдала розвинено новий підхід до поглибленого дослідження моделей гравітаційних лінз. У комплексному формулюванні теорії гравітаційного лінзування визначено ряд векторних полів на площинах джерел і зображень. Розглянуто відображення векторних полів із кожної з цих площин на іншу, а також елементи якісного аналізу асоційованих із ними динамічних систем. Для лінзи Чанг – Рефсдала на обох площинах вивчені лінії постійного значення якобіана лінзового відображення, також отримано зображення сітки полярних координат площини джерел.

Ключові слова: гравітаційне лінзування.

Астрономічні застосування теорії гравітаційного лінзування спираються на використання ряду лінзових моделей, отриманих із певних астрофізичних міркувань. Разом із тим, хотілось би мати детальніше уявлення про математичні властивості цих моделей, зокрема, про розподіл різноманітних характеристик як на площині зображень так і на площині джерел. Метою цієї публікації є розробка відповідного апарата і його демонстрація на прикладі лінзи Чанг – Рефсдала (ЛЧР).

1. Вихідні співвідношення. Комплексний формалізм у теорії гравітаційного лінзування. Рівняння гравітаційного лінзування в нормованих змінних має такий вигляд [1, 2]:

$$\mathbf{y} = \mathbf{x} - \nabla\Psi(\mathbf{x}) . \quad (1)$$

Тут \mathbf{y} – двовимірний вектор положення точкового джерела, \mathbf{x} – відповідне положення зображення, $\Psi(\mathbf{x})$ – потенціал лінзування, який задовольняє рівняння

$$\Psi_{,11} + \Psi_{,22} = 2\kappa ,$$

де $\kappa(\mathbf{x})$ – нормована густина маси гравітаційної лінзи. Кажуть також, що формула (1) задає лінзове відображення площини зображень на площину джерел. Вважаємо, що функція Ψ визначена і гладка в деякій області D площини зображень, яка відображається рівнянням (1) на область \tilde{D} площини джерел. В окремих точках модельний потенціал або його перші і другі похідні можуть бути сингулярними. Вважаємо, що такі точки виключено з D .

Ряд фундаментальних величин і співвідношень теорії гравітаційного лінзування більш компактно формулюються на мові комплексних величин [1, 3, 5]. Для цього вводяться комплексні координати джерела $\zeta = y_1 + iy_2$ і зображення $z = x_1 + ix_2$. Операцію комплексного спряження величини позначаємо рискою над нею.

Для порівняння векторного й комплексного представлень лінзових рівнянь випишемо зв'язок між похідними за дійсними та комплексними змінними, а також відповідне перетворення якобіана лінзового відображення:

$$\frac{\partial}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}, \quad \frac{\partial}{\partial x_2} = i \left(\frac{\partial}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \right), \quad \frac{\partial}{\partial z} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_1} - i \frac{\partial}{\partial x_2} \right), \quad \frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x_1} + i \frac{\partial}{\partial x_2} \right). \quad (2)$$

Далі, неважко перевірити, що

$$J = \frac{\left| D(y_1, y_2) \right|}{\left| D(x_1, x_2) \right|} = \frac{\left| D(\zeta, \bar{\zeta}) \right|}{\left| D(z, \bar{z}) \right|}.$$

Рівняння гравітаційного лінзування (1) у комплексному представленні набуває вигляду: