

## Фотометрические исследования астероидов с экстремальными периодами осевого вращения

© С.Н. Петрова, Д.Л. Горшанов, А.В. Девяткин, С.А. Русов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
196140 Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: stalkerred@yandex.ru

Поступило в Редакцию 2 мая 2024 г.

В окончательной редакции 5 августа 2024 г.

Принято к публикации 30 октября 2024 г.

В 2023–2024 гг. на телескопах Пулковской обсерватории выполнены фотометрические наблюдения трех астероидов в моменты их тесных сближений с Землей с целью получения кривых блеска и определения их периодов осевого вращения. На основе анализа кривых блеска определены периоды, два из которых оказались экстремально короткими (2023 BU— $77.69 \pm 1.00$  s, 2023 DZ2— $376.49 \pm 1.00$  s), а также была уточнена величина одного экстремально длинного периода (1998 XB— $1913040 \pm 360$  s).

**Ключевые слова:** астероиды, фотометрия, кривая блеска.

DOI: 10.61011/JTF.2024.12.59246.344-24

Из более чем 8300 астероидов [1], чьи периоды осевого вращения определены на момент данного исследования и представлены в базе ALCDEF (Asteroid Lightcurve Data Exchange Format), астероидов с периодами, равными как нескольким минутам, так и нескольким сотням часов, суммарно набирается меньше сотни. Изучение таких объектов позволяет понять природу их возникновения. Для определения экстремально коротких периодов требуются высокая точность наблюдений с короткими экспозициями, а для определения экстремально длинных периодов нужны регулярные серии наблюдений на протяжении десятков ночей. В течение 2023 г. и начала 2024 г. на двух телескопах Пулковской обсерватории были проведены наблюдения трех астероидов, попадающих в обе эти категории.

В настоящей работе представлено фотометрическое исследование двух астероидов с периодами осевого вращения менее 400 s, а также одного астероида с периодом осевого вращения более  $1.9 \cdot 10^6$  s. Фотометрическая обработка наблюдательных данных выполнена с помощью программного пакета АПЕКС-II [2] с использованием GAIA DR2 в качестве опорного каталога [3]. Метод Скаргла [4] был использован для определения периодов.

Астероид 2023 BU, принадлежащей группе Аполлонов, был открыт 21 января 2023 г. Г. Борисовым (пос. Научный, Крым) [5]. Его абсолютная звездная величина  $H = 29.70$  [6]. 27 января 2023 г. астероид прошел от Земли на расстоянии всего  $0.00007$  AU ( $10^7$  m) [6].

Наблюдения астероида 2023 BU выполнялись в течение четырех ночей (в период 24–27 января 2023 г.) при помощи телескопа МТМ-500М, установленного на Горной астрономической станции Пулковской обсерватории (ГАС ГАО, Кисловодск) [7]. Полученная кривая блеска представлена на рис. 1.

Полученный период составляет  $77.69 \pm 1.00$  s, что согласуется с оценками других исследователей [8,9]. Ам-

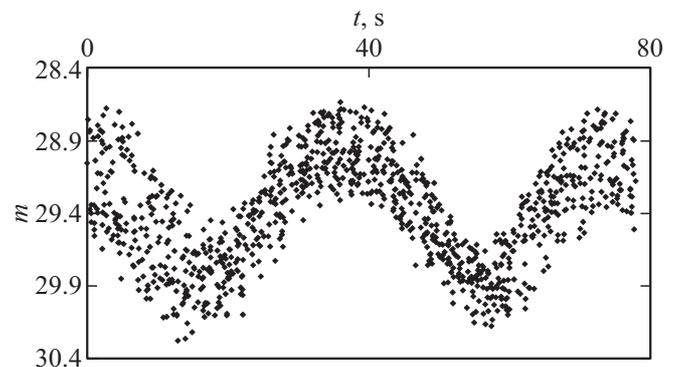
плитуда колебаний блеска составила  $1.40 \pm 0.02$  звездной величины.

Астероид 2023 DZ2, принадлежащей группе Аполлонов, был открыт 27 февраля 2023 г. в рамках проекта EURONEAR (Ла Пальма) [10]. Его абсолютная звездная величина  $H = 24.27$  [11]. 25 марта 2023 г. астероид сближился с Землей на  $0.00117$  AU ( $1.745 \cdot 10^7$  m) [11].

Наблюдения астероида 2023 DZ2 были выполнены в течение ночи с 23 на 24 марта 2023 г. с помощью телескопа ЗА-230М, установленного в Пулковской обсерватории (ГАО РАН). Кривая блеска астероида 2023 DZ2 представлена на рис. 2.

Полученный период составляет  $376.49 \pm 1.00$  s, он согласуется с оценками, полученными другими исследователями [12,13]. Амплитуда колебаний блеска составила  $0.64 \pm 0.02$  звездной величины.

Астероид (96590) 1998 XB, принадлежащий группе Атенос, был открыт 1 декабря 1989 г. в рамках программы BAO Schmidt CCD Asteroid Program (наблюдательная станция Синлун) [14]. Был целью для радарных исследований в 2012 г., 2016–2018 гг. [15], его абсолютная звезд-



**Рис. 1.** Кривая блеска астероида 2023 BU, построенная по наблюдательным данным 25 января 2023 г.

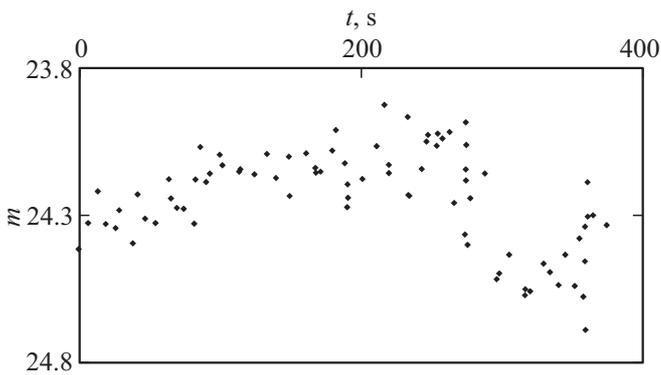


Рис. 2. Кривая блеска астероида 2023 DZ2.

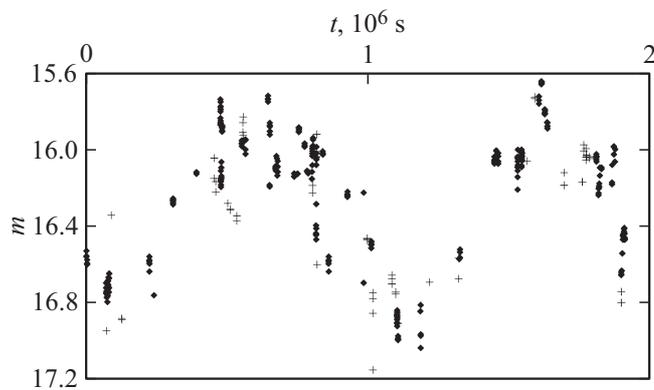


Рис. 3. Кривая блеска астероида 1998 XB.

ная величина  $H = 16.2$  [16], а его диаметр составляет около 882 м [16]. Оценки периода его осевого вращения приведены на сайте Pravec 2005web [17], они составляют  $1.8 \cdot 10^6$  s (500 h) и  $1.872 \cdot 10^6$  s (520 h). Однако они выполнены по неполной кривой блеска.

Для построения кривой блеска и уточнения периода осевого вращения астероида 1998 XB нами были использованы наблюдательные данные, полученные на телескопах Пулковской обсерватории ЗА-320М и МТМ-500М за несколько лет: 40 наблюдательных ночей за декабрь 2023 г., январь и февраль 2024 г., а также данные за 4 ночи 2018 г., 7 ночей 2016 г., 8 ночей 2011 г. и 5 ночей 2010 г. Эти наблюдения выполнялись при приблизительно одинаковой конфигурации астероида относительно Земли и Солнца: изменение долготы биссектора фазового угла составили менее  $90^\circ$ . Принимая во внимание то, что ориентация оси вращения астероида неизвестна, эти изменения мы не учитывали.

Результат представлен на рис. 3, где данные за 2010–2018 гг. обозначены крестиками. Полученный период составляет  $1913040 \pm 360$  s ( $531.4 \pm 0.1$  h или  $22.142 \pm 0.004$  d), а амплитуда колебаний блеска оценивается в  $1.50 \pm 0.05$  звездной величины.

Таким образом, в рамках данного исследования были подтверждены периоды осевого вращения для двух быстро вращающихся астероидов, и удалось уточнить

период осевого вращения для одного, вращающегося экстремально медленно.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов

### Список литературы

- [1] Электронный ресурс. Режим доступа: [https://aldef.org/php/aldef\\_aboutLightcurves.html](https://aldef.org/php/aldef_aboutLightcurves.html)
- [2] A.V. Devyatkin, D.L. Gorshakov, V.V. Kouprianov, I.A. Verestchagina. Sol. Syst. Res., **44** (1), 68 (2010). DOI: 10.1134/S0038094610010090
- [3] A.G.A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, J.H.J. de Bruijne, C. Babusiaux, C.A.L. Bailer-Jones, M. Biermann, D.W. Evans, L. Eyer, F. Jansen, C. Jordi, S.A. Klioner, U. Lammers, L. Lindegren, X. Luri, F. Mignard, C. Panem, D. Pourbaix, S. Randich, P. Sartoretti, H.I. Siddiqui, C. Soubiran, F. van Leeuwen, N.A. Walton, F. Arenou, U. Bastian, M. Cropper, R. Drimmel, D. Katz, M.G. Lattanzi, J. Bakker, C. Cacciari, J. Castañeda, L. Chaoul, N. Cheek, F. De Angeli, C. Fabricius, R. Guerra, B. Holl, E. Masana, R. Messineo, N. Mowlavi, K. Nienartowicz, P. Panuzzo, J. Portell, M. Riello, G.M. Seabroke, P. Tanga, F. Thévenin, G. Gracia-Abril, G. Comoretto, M. Garcia-Reinaldos, D. Teyssier, M. Altmann, R. Andrae, M. Audard, I. Bellas-Velidis, K. Benson, J. Berthier, R. Blomme, P. Burgess, G. Busso, B. Carry, A. Cellino, G. Clementini, M. Clotet, O. Creevey, M. Davidson, J. De Ridder, L. Delchambre, A. Dell’Oro, C. Ducourant, J. Fernández-Hernández, M. Fouesneau, Y. Frémat, L. Galluccio, M. García-Torres, J. González-Núñez, J.J. González-Vidal, E. Gosset, L.P. Guy, J.-L. Halbwachs, N.C. Hambly, D.L. Harrison, J. Hernández, D. Hestroffer, S.T. Hodgkin, A. Hutton, G. Jasiewicz, A. Jean-Antoine-Piccolo, S. Jordan, A.J. Korn, A. Krone-Martins, A.C. Lanzafame, T. Lebzelter, W. Löffler, M. Manteiga, P.M. Marrese, J.M. Martín-Fleitas, A. Moitinho, A. Mora, K. Muinonen, J. Osinde, E. Pancino, T. Pauwels, J.-M. Petit, A. Recio-Blanco, P.J. Richards, L. Rimoldini, A.C. Robin, L.M. Sarro, C. Siopis, M. Smith, A. Sozzetti, M. Süveges, J. Torra, W. van Reeve, U. Abbas, A. Abreu Aramburu, S. Accart, C. Aerts, G. Altavilla, M.A. Álvarez50, R. Alvarez, J. Alves, R.I. Anderson, A.H. Andrei, E. Anglada Varela, E. Antiche, T. Antoja, B. Arcay, T.L. Astraatmadja, N. Bach, S.G. Baker, L. Balaguer-Núñez, P. Balm, C. Barache, C. Barata46, D. Barbato, F. Barblan, P.S. Barklem, D. Barrado, M. Barros, M.A. Barstow, S. Bartholomé Muñoz, J.-L. Bassilana, U. Becciani, M. Bellazzini, A. Berihuete, S. Bertone, L. Bianchi, O. Bienaymé, S. Blanco-Cuaresma, T. Boch, C. Boeche, A. Bombrun, R. Borrachero, D. Bossini, S. Bouquillon, G. Bourda, A. Bragaglia, L. Bramante, M.A. Breddels, A. Bressan, N. Brouillet, T. Brüsemeister, E. Brugaletta, B. Bucciarelli, A. Burlacu, D. Busonero, A.G. Butkevich, R. Buzzzi, E. Caffau, R. Cancelliere, G. Cannizzaro, T. Cantat-Gaudin, R. Carballo, T. Carlucci, J.M. Carrasco, L. Casamiquela, M. Castellani, A. Castro-Ginard, P. Charlot, L. Chemin, A. Chiavassa, G. Cocozza, G. Costigan, S. Cowell, F. Crifo, M. Crosta, C. Crowley, J. Cuypers, C. Dafonte, Y. Damerdjij,

- A. Dapergolas, P. David, M. David, P. de Laverny, F. De Luise, R. De March, D. de Martino, R. de Souza, A. de Torres, J. Debosscher, E. del Pozo, M. Delbo, A. Delgado, H.E. Delgado, P. Di Matteo, S. Diakite, C. Diener, E. Distefano, C. Dolding, P. Drazinos, J. Durán, B. Edvardsson, H. Enke, K. Eriksson, P. Esquej, G. Eynard Bontemps, C. Fabre, M. Fabrizio, S. Faigler, A.J. Falcão, M. Farrás Casas, L. Federici, G. Fedorets, P. Fernique, F. Figueras, F. Filippi, K. Findeisen, A. Fonti, E. Fraile, M. Fraser, B. Frézouls, M. Gai, S. Galleti, D. Garabato, F. García-Sedano, A. Garofalo, N. Garralda, A. Gave, P. Gavras, J. Gerssen, R. Geyer, P. Giacobbe, G. Gilmore, S. Girona, G. Giuffrida, F. Glass, M. Gomes, M. Granvik54,95, A. Gueguen, A. Guerrier, J. Guiraud, R. Gutiérrez-Sánchez, R. Haignon, D. Hatzidimitriou, M. Hauser, M. Haywood, U. Heiter, A. Helmi, J. Heu, T. Hilger, D. Hobbs, W. Hofmann, G. Holland, H.E. Huckle, A. Hypki, V. Icardi, K. Janßen, G. Jevardat de Fombelle, P.G. Jonker, Á. L. Juhász, F. Julbe, A. Karampelas, A. Kewley, J. Klar, A. Kochoska, R. Kohley, K. Kolenberg, M. Kontizas, E. Kontizas, S.E. Kposov, G. Kordopatis, Z. Kostrzewa-Rutkowska, P. Koubicky, S. Lambert, A.F. Lanza, Y. Lasne, J.-B. Lavigne, Y. Le Fustec, C. Le Poncin-Lafitte, Y. Lebreton, S. Leccia, N. Leclerc, I. Lecoœur-Taibi, H. Lenhardt, F. Leroux, S. Liao, E. Licata, H.E.P. Lindstrøm, T.A. Lister, E. Livanou, A. Lobel, M. López, S. Managau, R.G. Mann, G. Mantelet, O. Marchal, J. M. Marchant, M. Marconi, S. Marinoni, G. Marschalkó, D.J. Marshall, M. Martino, G. Marton, N. Mary, D. Massari, G. Matijevič, T. Mazeh, P.J. McMillan, S. Messina48, D. Michalik, N.R. Millar, D. Molina, R. Molinaro, L. Molnár, P. Montegriffo, R. Mor11, R. Morbidelli, T. Morel, D. Morris, A.F. Mulone, T. Muraveva, I. Musella, G. Nelemans, L. Nicastro, L. Nova, W. O'Mullane, C. Ordénovic, D. Ordóñez-Blanco, P. Osborne, C. Pagani, I. Pagano, F. Pailler, H. Palacin, L. Palaversa, A. Panahi, M. Pawlak, A.M. Piersimoni, F.-X. Pineau, E. Plachy, G. Plum, E. Poggio, E. Poujoulet, A. Prča, L. Pulone, E. Racero, S. Ragaini, N. Rambaux, M. Ramos-Lerate, S. Regibo, C. Reylé, F. Rictet, V. Ripepi, A. Riva, A. Rivard, G. Rixon, T. Roegiers, M. Roelens, M. Romero-Gómez, N. Rowell, F. Royer, L. Ruiz-Dern, G. Sadowski, T. Sagristà Sellés, J. Sahlmann, J. Salgado, E. Salguero, N. Sanna, T. Santana-Ros, M. Sarasso, H. Savietto, M. Schultheis, E. Sciacca, M. Segol, J. C. Segovia, D. S'egransan, I.-C. Shih, L. Siltala, A. F. Silva, R.L. Smart, K. W. Smith, E. Solano, F. Solitro, R. Sordo, S. Soria Nieto, J. Souchay, A. Spagna, F. Spoto, U. Stampa, I.A. Steele, H. Steidelmüller, C.A. Stephenson, H. Stoev, F.F. Suess, J. Surdej, L. Szabados, E. Szegedi-Elek, D. Tapiador, F. Taris, G. Tauran, M.B. Taylor, R. Teixeira, D. Terrett, P. Teyssandier, W. Thuillot, A. Titarenko, F. Torra Clotet, C. Turon, A. Ulla, E. Utrilla, S. Uzzi, M. Vaillant, G. Valentini, V. Valette, A. van Elteren, E. Van Hemelryck, M. van Leeuwen, M. Vaschetto, A. Vecchiato, J. Veljanoski, Y. Viala, D. Vicente94, S. Vogt120, C. von Essen, H. Voss, V. Votruba, S. Voutsinas, G. Walmsley, M. Weiler, O. Wertz, T. Wevers, Ł. Wyrzykowski, A. Yoldas, M. Žerjal, H. Ziaeeepour, J. Zorec, S. Zschocke, S. Zucker, C. Zurbach, T. Zwitter. *A&A*, **616**, A1 (2018). DOI: 10.1051/0004-6361/201833051
- [4] J. D. Scargle. *ApJ*, **263**, 835 (1982). DOI: 10.1086/160554
- [5] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://minorplanetcenter.net/mpec/K23/K23B72.html>
- [6] Электронный ресурс. Режим доступа: [https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb\\_lookup.html#/?sstr=2023%20BU&view=OPC](https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=2023%20BU&view=OPC)
- [7] А.П. Кулиш, А.В. Девяткин, В.Б. Рафальский, Ф.М. Ибрагимов, В.В. Куприянов, И.А. Верещагина, А.В. Шумахер. *Изв. ГАО*, **219** (1), 192 (2009).
- [8] P. Birtwhistle. *Minor Planet Bull.*, **50** (3), 202 (2023).
- [9] L. Franco, A. Marchini, R. Papini, M. Iozzi, G. Scarfi, G. Galli, P. Fini, G. Betti, A. Coffano, W. Marinello, P. Bacci, M. Maestriperieri, N. Ruocco, F. Mortari, D. Gabellini, G. Baj, M. Lombardo, P. Aceti, M. Banfi, L. Tinelli. *Minor Planet Bull.*, **50** (3), 228 (2023).
- [10] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://minorplanetcenter.net/mpec/K23/K23F12.html>
- [11] Электронный ресурс. Режим доступа: [https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb\\_lookup.html#/?sstr=2023%20DZ2&view=OPC](https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=2023%20DZ2&view=OPC)
- [12] N. Sioulas. *Minor Planet Bull.*, **50** (3), 238 (2023).
- [13] P. Bacci, M. Maestriperieri. *Minor Planet Bull.*, **50** (3), 206 (2023).
- [14] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://minorplanetcenter.net/mpec/J98/J98X20.html>
- [15] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://newton.spacedys.com/neodys/index.php?pc=1.1.7.2&n=96590&ab=0>
- [16] A. Mainzer, T. Grav, J. Masiero, J. Bauer, R.M. Cutri, R.S. McMillan, C.R. Nugent, D. Tholen, R. Walker, E.L. Wright. *ApJL*, **760**, L12 (2012). DOI: 10.1088/2041-8205/760/1/L12
- [17] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.asu.cas.cz/ppravec/newres.txt>