

Planetoidy są obserwowane od ponad dwóch stuleci. Pierwszą odkrył sycylijski astronom Giuseppe Piazzi (1746-1826) w Palermo, w pierwszym dniu XIX wieku, czyli 1 stycznia 1801 roku. Do początku 2018 roku zaobserwowano już ponad 750 tys. planetoid, z czego ponad 500 tys. zostało skatalogowanych, a ponad 20 tys. nadano nazwy własne.

Osobliwe planetoidy

Krzysztof Ziolkowski

Ogromna większość planetoid okrąży Słońce po prawie kołowych orbitach w tzw. pasie głównym między orbitami Marsa i Jowisza. Od ponad stu lat odkrywane są obiekty poruszające się po nietypowych orbitach. Największe wśród nich zainteresowanie budzą oczywiście te planetoidy, które mogą przybliżyć się do Ziemi (tzw. NEA – ang. Near-Earth Asteroids).

Odkrycie pierwszych planetoid

Te osobliwe obiekty szczególnie intrygują badaczy za względu na możliwość zderzenia takich planetoid z naszą planetą. Wprawdzie prawdopodobieństwo takiego wydarzenia jest bardzo małe, ale pamiętamy przecież o słynnej katastrofie tunguskiej w 1908 roku, którą wywołał – jak się dzisiaj sądzi – jakiś obiekt kosmiczny o rozmiarach kilkudziesięciu metrów, czy też o głośnym niedawno wydarzeniu spowodowanym uderzeniem w Ziemię kilkunastometrowej bryły koło Czelabińska na Uralu w 2013 roku.

Pierwszą osobliwą planetoidą był (433) Eros, odkryty jeszcze w 1898 roku, który w swym ruchu wokół Słońca może zbliżyć się do Ziemi na odległość dochodzącą do zaledwie 22 milionów kilometrów (0,15 AU). Peryhelium jego orbity znajduje się bowiem w niewiele większej odległości od Słońca niż średnia odległość od niego Ziemi.

Następną tego typu planetoidę dostrzeżono dopiero po dwudziestu latach: odkryta w 1918 roku (887) Alinda przechodzi jeszcze bliżej orbity Ziemi niż Eros, a ponadto – w przeciwieństwie do Erosa – porusza się po torze o wyraźnie eliptycznym kształcie, co uczyniło ją tym bardziej niezwykłym obiektem wśród dotąd odkrytych planetoid (mimośród orbity Alindy, czyli wielkość charakteryzująca stopień jej eliptyczności, wynosi 0.6; dla porównania warto przypomnieć, że mimośród orbity kołowej jest równy 0, a parabolicznej 1).

Dalsze odkrycia niezwykłych obiektów przyniósł rok 1932, w którym dostrzeżono planetoidy (1221) Amor i (1862) Apollo. Amor, którego odległość peryhelium wynosi 1.08 AU, jest dziś traktowany jako główny przedstawiciel całej grupy planetoid, określanej mianem grupy Amora, która – najogólniej mówiąc – charakteryzuje się tym, że jej członkowie w peryhelium przybliżają się do orbity Ziemi. Apollo, po odkryciu w 1932 roku, został na długo zgubiony.

Po usilnych poszukiwaniach odnaleziono go dopiero w 1973 roku. Ponieważ odległości peryhelium i aphelium jego orbity wynoszą odpowiednio 0.65 i 2.3 AU, a ruch odbywa się w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ruchu Ziemi pod niewielkim kątem zaledwie 6°, więc Apollo podczas swego ruchu wokół Słońca może zbliżać się aż do trzech wielkich planet: Marsa, Ziemi i Wenus. Planetoidy, których odległości peryhelium są mniejsze od 1 AU. (o których często, ale niezbyt ściśle, mówi się, że ich orbity przecinają orbitę Ziemi) określa się mianem planetoid typu Apollo.

Jeszcze dziwniejszym niż Apollo obiektem okazała się planetoida (1566) Ikar odkryta w 1949 roku. W peryhelium przybliżyła się ona do Słońca na odległość zaledwie 0.19 AU, czyli bliżej niż najbliższa planeta Merkury, zaś w aphelium oddała od Słońca do odległości tylko 2 AU. Okres jej obiegu wokół Słońca wynosi 1.1 roku. Orbita Ikar jest silnie spłaszczoną elipsą (mimośród wynosi 0.8) i „przecina” orbity wszystkich czterech planet ziemskiej grupy. W czerwcu 1968 roku Ikar przeleciał koło Ziemi w odległości jedynie 0.04 AU (czyli około 6.5 mln km). W połowie XX wieku, czyli 150 lat po odkryciu pierwszej planetoidy, znanych było 13 takich niezwykle obiektów.

Osobliwe planetoidy

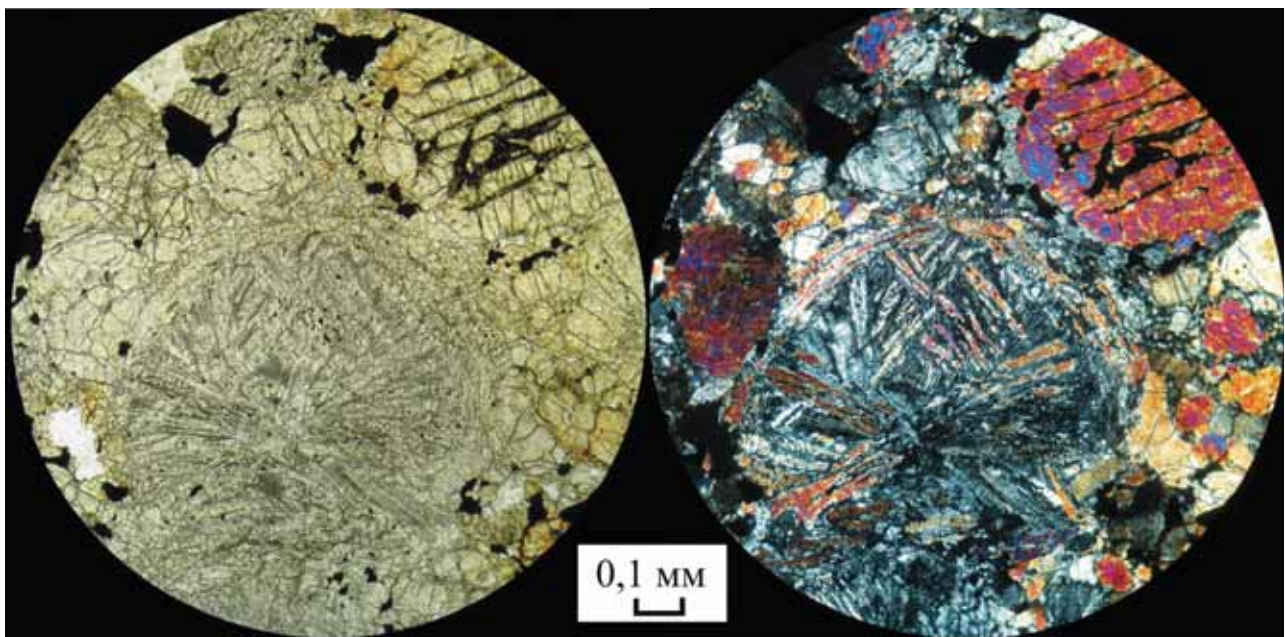
Druga połowa minionego stulecia przyniosła wyraźne wzmocnienie zainteresowania osobliwymi planetoidami. Nie tylko doprowadzono do odnalezienia – jak już wspomniano – zagubionej planetoidy Apollo, ale w 1976 roku odkryto planetoidę (2062) Atena, która – podobnie jak Amor i Apollo – dała początek dziś już całej grupie obiektów, których okresy obiegu wokół Słońca są krótsze od jednego roku; ich średnie odległości od Słońca są mniejsze od 1 AU. Ze względu na najczęściej wyraźną eliptyczność ich orbit one również „przecinają” orbitę Ziemi, czasem Wenus, a nawet Merkurego.

Coraz więcej osobliwych planetoid zaczęto odkrywać w ostatniej dekadzie XX wieku. W styczniu 1991 roku udało się dostrzec obiekt 1991 BA należący do grupy Apollo, który przeleciał koło Ziemi w odległości około 0.0011 AU, czyli zaledwie 165 tys. km. Po raz pierwszy zaobserwowano ciało niebieskie, które znalazło się znacznie bliżej Ziemi niż Księżyc (którego średnia odległość od naszej planety wynosi 384 tys. km). Wkrótce po raz drugi wysłędzono podobną planetoidę 1993 KA2, która w maju 1993 roku jeszcze bardziej zbliżyła się do naszej

planety. Jeśli jeszcze do tego dodać, że w lipcu 1994 roku śledzono niezwykle zjawisko uderzeń w Jowisza wielu części, na które dwa lata wcześniej rozpadła się kometa Shoemaker-Levy 9, to nic dziwnego, że uświadomiono sobie wtedy realność zderzenia z Ziemią obiektów typu Apollo, Amora i Atena. W rezultacie zrozumienia tego zagrożenia rozpoczęto systematyczne poszukiwania planetoid bliskich Ziemi (NEA). Powstało kilka grup obserwatorów wyposażonych w specjalne instrumenty przeznaczone wyłącznie do tego celu oraz teoretyków zajmujących się obliczaniem i analizowaniem orbit, po których te obiekty krążą wokół Słońca. Do końca XX wieku odkryto już 877 planetoid NEA (w tym 448 typu Apollo, 372 typu Amora i 57 typu Atena). Dodajmy, że rozmiary około 300 spośród nich są oceniane na co najmniej 1 km lub więcej.

Tempo odkrywania osobliwych planetoid stale rośnie. W lutym 2003 roku dostrzeżono obiekt 2003 CP20, którego okolośłoneczna orbita okazała się przebiegać całkowicie wewnątrz orbity Ziemi. Jego okres obiegu wokół Słońca wynosi 234 dni, a najmniejsza i największa odległość od Słońca są równe odpowiednio 0.50 AU i 0.98 AU. Planetoida ta, dziś znana jako (163693) Atira, dała początek jeszcze jednej grupie planetoid, do której zalicza się obiekty mające orbity położone wewnątrz orbity Ziemi.

W 2013 roku do poszukiwań planetoid NEA został włączony kanadyjski sztuczny satelita Ziemi NEOSSat (ang. Near Earth Object Surveillance Satellite) przeznaczony specjalnie do tego celu. Był to niewielki obiekt (o masie 74 kg i rozmiarach $137 \times 78 \times 38$ cm), wprowadzony na okołoziemską kołową orbitę biegunową na wysokości prawie 800 km za pomocą indyjskiej rakiety PSLV-C20 z kosmodromu Sriharikota (India) 25 lutego 2013 roku. Wyposażony był w 15 cm teleskop, który przez 24 godziny na dobę monitorował niebo,



Kamienny meteoryt Czełabińska – chondryt. Zawiera forsteryt i piroksen. Jego wiek określono na około 4,5 miliarda lat. Zdjęcia wykonano mikroskopem Axioskop-40, lewy obraz to spolaryzowane światło, prawe – światło spolaryzowane krzyżowo.

poszukując nawet bardzo mało odbijających promieniowanie słoneczne obiektów poruszających się w pobliżu Ziemi. Wprawdzie miał pracować przez rok, ale swą służbę zakończył dopiero po ponad trzech latach. W dniu 1 stycznia 2018 roku znanych już było 17461 planetoid NEA (w tym 9526 typu Apollo, 6628 typu Amora, 1289 typu Atena i 18 typu Atira); są to na ogół niewielkie obiekty, ale ocenia się, że prawie 900 z nich ma rozmiary przewyższające 1 km.

Nie wszystkie planetoidy NEA stanowią zagrożenie dla Ziemi. Za potencjalnie niebezpieczne planetoidy (tzw. PHA – ang. Potentially Hazardous Asteroids) uważa się dziś te obiekty, których orbity przebiegają w odległości od orbity Ziemi nie większej niż 0.05 AU (czyli, że może dojść do ich zbliżenia do Ziemi na odległość mniejszą niż 7.5 mln km) i mają jasność absolutną 22 wielkości gwiazdowych lub są jaśniejsze (czyli, że ich rozmiary są większe niż 140 m, przy założeniu zdolności odbijania promieniowania równej 14%).

Wśród prawie 17.5 tys. planetoid NEA znanych na początku 2018 roku 1873 obiekty zostały sklasyfikowane jako PHA. Ich spektakularnym przykładem może być planetoida (99942) Apophis należąca do grupy Atena, która po odkryciu w 2004 roku wywołała spore zamieszanie i niepokój. Okazało się bowiem, że obiekt ten, którego średnicę szacuje się od 210 do 330 m, w piątek 13 kwietnia 2029 roku przeleci koło Ziemi w odległości zaledwie 29470 km od jej centrum, a więc bliżej niż tzw. orbita geostacjonarna, po której okrąża Ziemię ogromna większość satelitów telekomunikacyjnych. Co więcej, w 2036 roku znowu dość znacznie zbliży się do Ziemi i – jak pokazują ostatnie badania – nie da się wtedy wykluczyć nawet kolizji obu obiektów. Ogromnie małe prawdopodobieństwo takiego wydarzenia, ostatnio szacowane na 1:45000, pozwala jednak na pozbycie się wszelkich obaw.

Planetoidy zagrażające Ziemi

Warto też zwrócić uwagę, że początek 2018 roku obfitował w odkrycia planetoid zagrażających Ziemi. Już 2 stycznia o godz. 4:25 UT przeleciała z prędkością prawie 14 km/s i w odległości zaledwie około 296 tys. km (czyli 0.77 odległości Księżyca od Ziemi) stosunkowo duża planetoida 2018 AH, której rozmiary oszacowano w granicach od 85 m do 190 m. Ale dostrzeżona została dopiero po niemal dwóch dniach od minięcia Ziemi i była śledzona do 18 lutego 2018 roku. Z wykonanych w tym czasie 93 obserwacji astrometrycznych wyznaczono elementy jej orbity, która okazała się elipsą o mimośrodzie 0.6 oraz odległościami peryhelium i aphelium równymi odpowiednio 0.9 AU i 4.1 AU. Płaszczyzna orbity planetoidy 2018 AH jest nachylona do płaszczyzny ruchu Ziemi pod kątem 12° , a okres jej obiegu wokół Słońca wynosi 4.1 roku. Jako ciekawostkę dodajmy, że była dziewiątym pod względem wielkości obiektem wśród znanych planetoid, a także komet, który znalazł się bliżej Ziemi niż Księżyc.

Znacznie bliżej Ziemi – w odległości jedynie 39 tys. km (0.10 odległości Księżyca od Ziemi, w skrócie



Tajga po uderzeniu meteorytu tunguskiego.

LD od ang. Lunar Distance, $1 \text{ LD} = 384.4 \text{ tys. km} = 0.00256 \text{ AU}$) – przeleciał 18 stycznia 2018 roku obiekt 2018 BD, który został odkryty 7 godzin wcześniej, ale jego rozmiary oceniono na zaledwie od 2.5 do 5.5 m. Podobnie niewielkie, kilkumetrowe obiekty przeleciały koło Ziemi parę dni wcześniej: 16 stycznia 2018 BR1 w odległości 0.34 LD i 15 stycznia 2018 BW w odległości 0.43 LD. Obie te planetoidy zostały odkryte już po ich zbliżeniu do Ziemi i były obserwowane bardzo krótko, wobec czego elementy ich orbit, wyznaczone siłą rzeczy z niewielu pomiarów pozycji na krótkich łukach obserwacyjnych, są obciążone stosunkowo dużą niepewnością.

Tę serię bardzo bliskich przelotów koło Ziemi z połowy stycznia 2018 roku uzupełniają jeszcze trzy niewielkie planetoidy, które przemknęły koło nas 19 stycznia. O godz. 3:00 UT planetoida 2018 BF3 o rozmiarach około 22 m przeleciała z prędkością względem Ziemi 13.5 km/s w odległości 242 tys. km (0.64 LD). Kilkanaście godzin później zbliżyły się do Ziemi na prawie identyczną odległość 0.73 LD dwa kilkumetrowe obiekty 2018 BC i 2018 BX; oba zostały po raz pierwszy dostrzeżone wkrótce przed przelotem koło Ziemi. Warto też zauważyć, że następnego dnia, 20 stycznia 2018 roku, kilkumetrowy obiekt 2018 BP3 przeleciał koło Ziemi w odległości 1.2 LD i mająca rozmiary około 32 m planetoida 2018 BH3 w odległości 4.2 LD, czyli ponad 1.6 mln km. Dwa dni później, 22 stycznia, zbliżyła się do Ziemi na odległość 14.4 LD (ponad 5.5 mln km) od dawna już znana planetoida 306383 (1993 VD), której rozmiary ocenia się na prawie 180 m.

Dużo większy obiekt znalazł się w pobliżu Ziemi 4 lutego 2018 roku. Należąca do grupy Apollo planetoida (276033) 2002 AJ129, której rozmiary szacuje się w granicach od 480 m do 1100 m, przeleciała tego dnia o godz. 21:30 UT z prędkością około 34 km/s w odległości 10.9 LD (4.2 mln km) od naszej planety. Obiekt ten, odkryty w styczniu 2002 roku na Hawajach, obiega Słońce w okresie 586 dni (1.60 roku) po silnie wydłużonej orbicie eliptycznej o mimośrodku 0.9 i odległo-

ściach perihelium i aphelium równych odpowiednio 0.12 i 2.62 AU.

Poprzednio podobnie blisko Ziemi znalazł się 6 lutego 1904 roku, a następne zbliżenie (na jeszcze mniejszą odległość 1.8 LD) nastąpi 8 lutego 2172 roku. Planetoidę (276033) 2002 AJ129 podczas tegorocznego zbliżenia można było dostrzec na niebie jako obiekt o jasności około 13 mag poruszający się wśród gwiazd z szybkością mniej więcej $1\frac{2}{3}$ stopnia na godzinę na tle gwiazdozbiorów Kruka, Panny i Lwa.

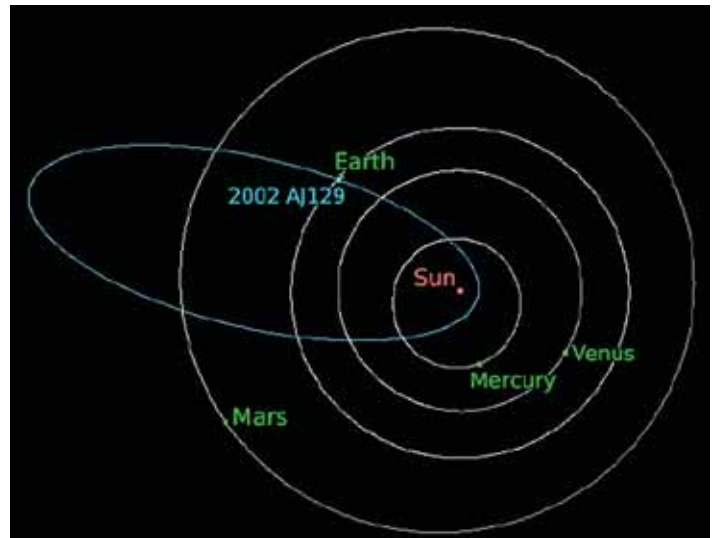
Przeloty blisko Ziemi

Na początku lutego 2018 roku, podobnie jak w połowie stycznia, znowu miało miejsce kilka bliskich przelotów koło Ziemi planetoid NEA. Poza wspomnianą wyżej (276033) 2002 AJ129 warto zwrócić uwagę, że dzień wcześniej, czyli 3 lutego, w odległości 1.7 LD minęła Ziemię z prędkością prawie 20 km/s planetoida 2018 CT, która po raz pierwszy została dostrzeżona dopiero po tym zbliżeniu; jej rozmiary oceniono na około 25 m. Zaś 5 lutego w trochę większej odległości 3.7 LD przeleciała nieco większa, bo ponad 40 m planetoida 2018 BP6, która obserwowana była od 27 stycznia do 6 lutego 2018 roku. Następnego dnia, czyli 6 lutego, przeleciały w pobliżu Ziemi aż cztery niewielkie planetoidy. Najbliżej, w odległości zaledwie 0.3 LD, znalazła się najmniejsza z nich 2018 CF2 o rozmiarach szacowanych na około 9 m. W nieco większej odległości 0.5 LD minął Ziemię obiekt 2018 CC o wielkości około 17 m. Trochę od niego mniejsza, bo prawie 10 m bryła 2018 CM przeleciała w odległości 2.1 LD i wreszcie największa z nich, prawdopodobnie 28 m planetoida 2018 CL, zbliżyła się do Ziemi na odległość 2.4 LD. Następnego dnia, 7 lutego, minęła Ziemię z prędkością niemal 20 km/s w odległości 1.3 LD planetoida 2018 CN o rozmiarach ocenianych na około 18 m.

W dniu 9 lutego 2018 roku w pobliżu Ziemi znalazło się aż pięć planetoid typu Apollo. Największa z nich (511684) 2015 BN509, której rozmiary oceniono na około 250 m, przeleciała z prędkością prawie 18 km/s w odległości 12.9 LD. Wprawdzie odkryta została w styczniu 2015 roku, ale jej orbitę udało się stosunkowo dobrze wyznaczyć aż z 305 obserwacji pozycyjnych obejmujących okres od 3 grudnia 2005 roku do 10 lutego 2018 roku; znaleziono bowiem kilka obserwacji wykonanych jeszcze przed jej odkryciem. Planetoida ta obiega Słońce w okresie niemal jednego roku (368.77 dnia) po orbicie eliptycznej o mimośrodku 0.6 i odległościach perihelium i aphelium wynoszących odpowiednio 0.4 AU i 1.8 AU.

Dalsze dwie planetoidy, które minęły Ziemię 9 lutego w stosunkowo dużych odległościach 16.5 LD i 19.9 LD, to 2018 BL1 i 2018 CA o niemal identycznych rozmiarach około 70 m. Dwie następne, 2018 CB i 2018 CN2, znacznie mniejsze od poprzednich, przeleciały natomiast bardzo blisko Ziemi, mijając ją w prawie takiej samej odległości 0.18 LD, czyli około 69 tys. km.

Obiekt 2018 CB został odkryty 4 lutego, czyli na kilka dni przed zapowiedzianym dużym zbliżeniem



Orbita planetoidy 2002 AJ129.

do Ziemi i wobec tego był intensywnie śledzony przez wielu obserwatorów na całym świecie. Jego orbitę wyznaczono z 206 obserwacji wykonanych na pięciodniowym łuku obserwacyjnym. Odkrycie planetoidy 2018 CN2 w dniu 8 lutego, na kilkanaście godzin przed jej – równie bliskim i następującym prawie w tym samym czasie – przelotem koło Ziemi, nie doprowadziło już jednak do zebrania tak wielu obserwacji jak obiektu 2018 CB. Jej orbitę wyznaczono jedynie z 60 obserwacji pokrywających zaledwie dwudziestogodzinny łuk obserwacyjny.

Cieszy więc fakt, że wśród nielicznych obserwatorów planetoidy 2018 CN2 znalazł się polski miłośnik astronomii Tomasz Kluwak, który w swoim obserwatorium w Lusówku pod Poznaniem, wyposażonym w 11-calowy astrograf, od kilku lat zajmuje się prowadzeniem obserwacji pozycyjnych planetoid. Swą przygodę z planetoidą 2018 CN2 opisał w artykule zatytułowanym „Planetoida jednej nocy” opublikowanym w „Uranii – Postępek Astronomii” nr 2/2018.

Ten przykładowy przegląd zbliżeń do Ziemi osobliwych planetoid w kilku pierwszych tygodniach 2018 roku zakończmy informacją, że w piątą rocznicę uderzenia w Ziemi bolidu czelabińskiego, czyli 15 lutego 2018 roku przeleciał koło Ziemi obiekt 2018 CD3 o rozmiarach ocenionych na zaledwie 7 m. Jego minimalna odległość od Ziemi wyniosła 0.93 LD, czyli około 357 tys. km. Dodajmy, że był to trzynasty wykryty w tym roku przelot planetoidy koło naszej planety w odległości mniejszej niż odległość Księżyca; ciekawe, ile pozostało nieznanych? W 2017 roku takich przelotów stwierdzono 53, a w roku 2016 – 45. Wszystkie one pokazują realność zagrożenia jakim dla Ziemi mogą być obiekty PHA. Ale nie zapominajmy, że prawdopodobieństwo zderzenia Ziemi z taką planetoidą jest bardzo, bardzo małe.