



Komety muskające Słońce – Sungrazing Comets

Michał Kusiak
Student astronomii UJ

Sungrazing Comets to międzynarodowy program poszukiwania komet w małych odległościach od Słońca.

26 grudnia 2010 roku sonda kosmiczna SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*) po ponad piętnastu latach prowadzonej misji badawczej zanotowała odkrycie **dwutysięcznej** komety przemierzającej się blisko Słońca. Informacja o tym wyczynie odbiła się szerokim echem w wielu światowych mediach popularnonaukowych. Jej dorobek stanowi bowiem ponad 50% wszystkich komet znalezionych w całej opisanym historii astronomii, a jest to tym większy sukces, ponieważ sama sonda nie została zaprojektowana z myślą o identyfikowaniu drobnych ciał w Układzie Słonecznym.



Kometa Ikeya-Seki
(oficjalne oznaczenie C/1965 S1)

Misja sondy SOHO rozpoczęła się 2 grudnia 1995 roku. Zaprojektowany przez agencje kosmiczne ESA i NASA próbnik został wystrzelony z przylądka Cape Canaveral na Florydzie za pomocą rakiety Atlas II. Plan misji zakładał umiejscowienie słonecznego obserwatorium w jednym z bardzo osobliwych miejsc w przestrzeni międzyplanetarnej. Po wielu manewrach orbitalnych sonda została ulokowana w odległości 1,5 mln km od Ziemi, w punkcie libracyjnym L1, gdzie siły grawitacyjne Słońca i naszej planety równoważą się. Sonda wykonuje pełny obieg wokół Słońca niemal dokładnie z tym samym okresem co Ziemia. Przyniosło to spore korzyści, ponieważ wszelkie dane obserwacyjne, jakie zostają zebrane za pośrednictwem SOHO, są na bieżąco przesyłane na Ziemię.

Zasadniczym celem całego przedsięwzięcia było przeprowadzenie badań Słońca oraz jego heliosfery. Z upływem czasu wykształciła się również dość praktyczna gałąź badań, polegająca na prognozowaniu tak zwanej „pogody kosmicznej”, czyli regularnego oceniania ryzyka i potencjalnych skutków zjawisk zachodzących na powierzchni Słońca, m.in. koronalnych wyrzutów masy i ich wpływu na naszą planetę. Projekt okazał się bardzo użyteczny, gdyż przynosi on znaczące korzyści m.in. pod kątem ochrony wszelkiego rodzaju satelitów telekomunikacyjnych. Mogłyby one ulec awarii w wyniku negatywnego oddziaływania większego zagęszczenia materii słonecznej, docierającej w pobliże Ziemi kilkadziesiąt godzin po wystąpieniu takiego wyrzutu.

Na pokładzie zamieszczono kilkanaście przyrządów mających różne zadania i działających w różnych zakresach spektralnych. Wśród nich największą rolę, jeśli chodzi o identyfikowanie nowych komet, odegrały koronografy LASCO C3, LASCO C2 oraz od czasu do czasu detektor SWAN. Zakres widma, w jakim pracują przyrządy LASCO, mieści się w przedziale 400–800 nm, przy czym LASCO C2 jest szczególnie czuły w okolicy 600 nm. Jak wykazały wieloletnie badania, taki dobór widma był niezwykle trafny z punktu widzenia odkrywania nowych komet. Pojawiły się bowiem informacje, że 85% komet, jakie odkrywane były za pośrednictwem sondy SOHO, należących do tzw. Grupy Kreutza¹, w swoim widmie ma niezwykle intensywną linię sodu (589 nm). Przełożyło się to na znaczącą liczbę detekcji obiektów pochodzących z tej formacji. Małe komety, o rozmiarach kilkunastu metrów średnicy, w tak bliskiej odległości od Słońca tworzą wokół swojego jądra zazwyczaj już tylko otoczkę pyłową². Wszelkie molekuly są produkowane w małych ilościach, a żywotność jest silnie zredukowana przez zjawisko fotodysocjacji, powodujące bardzo szybki ich rozpad. W przypadku komet Kreutza spora ilość sodu zadecydowała właśnie o bardzo dobrej widoczności poszczególnych składników na zdjęciach LASCO.

Sonda SOHO rozpoczęła pracę z początkiem 1996 roku, ale pierwszą kometę odkrył dopiero w sierpniu S. Stezelberger – jeden z członków projektu LASCO. W ciągu następnych trzech lat personel pracujący przy obróbce danych z koronografów rozpoznał około 50 kolejnych obiektów. Liczba odkryć zaczęła jednak przemawiać za tym, żeby stworzyć odrębny projekt, który skupiałby się na identyfikowaniu i badaniu nowo pojawiających się komet w pobliżu Słońca. Postanowiono zatem stworzyć platformę komunikacyjną, która zrzeszałaby nie tylko astronomów zawodowych, ale również amatorów za pośrednictwem Internetu. Pomysł okazał się strzałem w dziesiątkę. Pierwszym miłośnikiem astronomii, który dokonał odkrycia za pośrednictwem Internetu został Terry Lovejoy z Australii. Na zdjęciach z 31 lipca i 1 sierpnia 1999 roku znalazł dwie komety pochodzące z Grupy Kreutza. Ten fakt zmobilizował kolejnych amatorów do rozpoczęcia własnych poszukiwań, co przekładało się na gwałtowny wzrost liczby odkryć. W 2003 roku sonda SOHO odkryła 500. kometę, a znaleziska dokonał astronom amator z Niemiec Rainer Kracht, obecnie lider całego

¹ Grupa Kreutza – zbiorowisko małych komet powstałych w wyniku rozpadu jednej dużej komety pod wpływem sił pływowych Słońca. Charakterystyczny dla tych komet jest punkt peryhelium położony ekstremalnie blisko Słońca (tuż przy fotosferze). Zdecydowana większość komet Kreutza (odkrywanych przez sondy kosmiczne SOLWIND, SMM, SOHO i STEREO) uznawana jest za komety jednopojawieniowe, ponieważ oddziaływanie Słońca podczas przelotu fragmentu powoduje ich całkowity rozpad.

² Duża kometa w wyniku oddziaływania Słońca zaczyna uwalniać w przestrzeń kosmiczną gaz i pył tworząc początkowo tzw. komę, głowę. Z biegiem czasu jądro komety zaczyna wyrzucać materię tworząc dwa warkocze: pyłowy i gazowy, które mogą być skierowane pod nieco różnymi kątami względem ruchu komety.

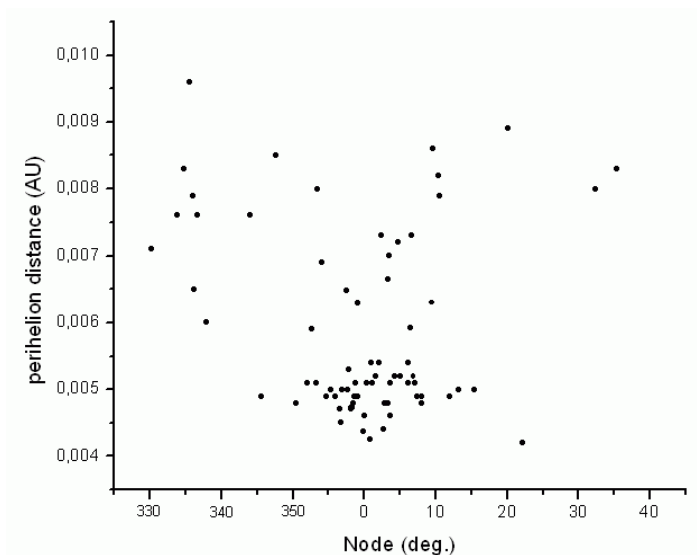
projektu i niezwykle aktywny badacz komet SOHO, odkrywca m.in. dwóch nowych grup komet nazwanych jego imieniem oraz kilku komet okresowych z potwierdzonymi oddziaływaniami niegrawitacyjnymi wpływającymi na ich ruch orbitalny. Dorobek naukowy Krachta przyczynił się do rozwinięcia idei samodzielnych obserwacji astrometrycznych takich obiektów, co w wyraźny sposób widoczne jest w praktyce. Przynajmniej kilku miłośników astronomii na świecie oprócz poszukiwań na bieżąco analizuje nowo odkryte komety, licząc między innymi astrometrię i orbity, a wyniki wykorzystywane są w dalszych badaniach, prowadzonych głównie przez Instytut Minor Planet Center.

Co odkrywamy na zdjęciach SOHO, czyli krótka charakterystyka poszczególnych grup

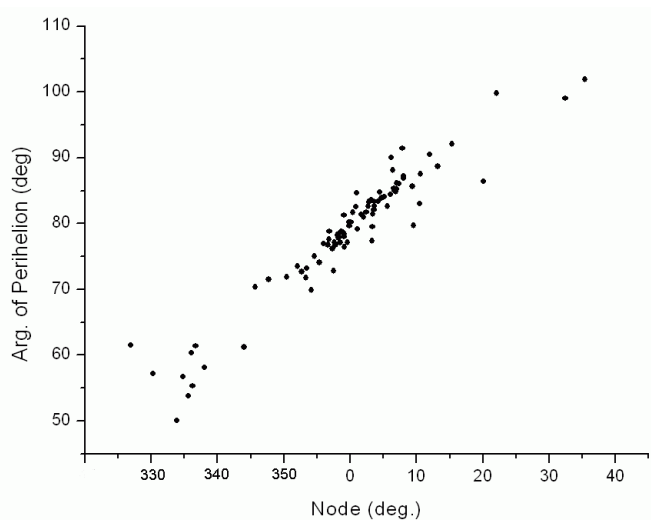
Do chwili rozpoczęcia badań przez sondę SOHO w naukowych publikacjach dotyczących komet dostępne były wyłącznie informacje o grupie Kreutza. Publikacja napisana przez niemieckiego astronoma Heinricha Kreutza została oparta na analizie kilku obiektów opisanych w XI i XIX wieku, których niemal identyczne orbity sugerowały, że są powiązane ze sobą fizycznie. Sporą część swojego życia poświęcili tej grupie komet dr Brian Marsden, szef Minor Planet Center, Zdenek Sekanina i Paul Chodas z Jet Propulsion Laboratory. Wspólnie wykazali, że obiekty opisane przez Kreutza, a także kolejna seria obiektów z tej grupy obserwowana w latach 60. XX wieku, pochodzą prawdopodobnie z rozpadu jednej gigantycznej komety, której pojawienie datowane jest na około czwarte stulecie naszej ery. Silne oddziaływania pływowe działające podczas bardzo bliskiego przejścia przez peryhelium (tuż przy fotosferze Słońca) przyczyniły się do rozpadu obiektu. Nadana dzięki temu dodatkowa energia oraz oddziaływania związane z rotacją poszczególnych jąder kometarnych spowodowały, że względne szybkości fragmentów (rzędu kilkunastu–kilkudziesięciu metrów na sekundę) utworzyły dwie podgrupy (rys. 1 i 2) oraz odsunęły potencjalne fragmenty po przelocie koło Słońca w XI wieku na mniej więcej równe odległości między sobą. Ich ponowne pojawienie się miało miejsce w ostatnich dwóch stuleciach. Co więcej, obiekty obserwowane za pośrednictwem sondy SOHO mogą świadczyć o możliwości pojawienia się kolejnej serii większych fragmentów, gdyż roczna częstość odkryć ma tendencję zwyżkową (rys. 3), a model teoretyczny ewolucji Grupy Kreutza przewiduje właśnie taki scenariusz.

W tych dwóch przypadkach obie zależności pokazują, jak ważne w procesie ewolucji Grupy Kreutza miały także oddziaływania grawitacyjne Jowisza. Warto pamiętać, że w naszym Układzie Słonecznym zaraz po Słońcu Jowisz zawsze odgrywa „pierwsze skrzypce” wpływając na ruch mniejszych ciał po ich orbitach. Elementy geometryczne komet Kreutza z upływem czasu zostały zaburzone poprzez jego perturbacje. Z kolei różnice w odległościach w peryhelium wynikają bezpośrednio z faktu rozpadu macierzystej komety w wyniku sił pływ-

wowych Słońca i nadania poszczególnym fragmentom dodatkowego „zastrzyku” energii i pędu.



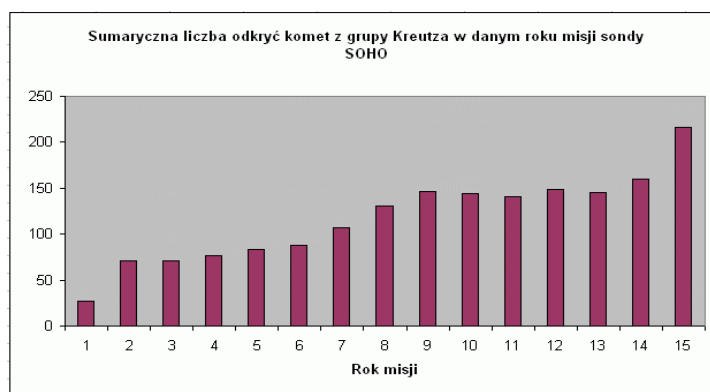
Rys. 1. Zależność geometryczna odległości peryhelium od długości węzła wstępującego³



Rys. 2. Zależność: argument szerokości peryhelium od długości węzła wstępującego

³ Węzeł, punkt na orbicie ciała niebieskiego, który przecina płaszczyznę ekliptyki. Punkt, w którym obiekt przechodzi z ujemnych do dodatnich szerokości ekliptycznych, nazywamy węzłem wstępującym.

Komety z Grupy Kreutza odkrywane przez SOHO to obiekty, których rozmiary nie przekraczają zwykle 20–30 metrów średnicy. Tak małe rozmiary i niekorzystne ułożenie orbit w przestrzeni powoduje, że możemy je obserwować jedynie w czasie bliskiego przelotu koło Słońca. Każda z odkrytych komet rozpada się w wyniku oddziaływań pływowych i silnego ciśnienia wiatru słonecznego. W początkowych latach swojej misji SOHO notowała 50–100 pojawień członków tej grupy. W 2010 roku, ta liczba wzrosła do 200 (rys. 3).



Rys. 3. Statystyczne roczne zestawienie odkryć komet Kreutza; 1996 (1. rok misji), 2010 (15. rok misji)

Miłośnicy astronomii rozpoczynający swoje poszukiwania w projekcie skupiają z reguły uwagę na identyfikowaniu obiektów wyłącznie z tej grupy, gdyż na podstawie wieloletnich obserwacji wyznaczono pewne obszary zdjęć, na których w sposób sezonowy one się pojawiają. To ułatwia w jakiś sposób pracę i po zdobyciu odpowiedniego doświadczenia daje realne szanse na odkrycie nowej komety.

W trakcie trwania misji SOHO dokonano identyfikacji nowych grup komet. Najmniej jak dotąd poznana jest grupa odkryta przez niemieckiego amatora Maika Meyera, który poprzez samodzielne obliczenia orbit spostrzegł identyczność w elementach orbit dla kilku komet. Grupę Meyera stanowi około 5% wszystkich odkrywanych obiektów za pośrednictwem SOHO. Do tej pory odkryto ich ponad sto. Charakterystyczny dla tych komet jest gwiazdopodobny wygląd. Przypuszcza się, że formacja jest znacznie starsza aniżeli grupa Kreutza, stąd obiekty mogły być wielokrotnie narażone na oddziaływanie Słońca i utracić w tym czasie sporą część materiału tworzącego zwykle otoczkę i warokcz podczas bliskiego przejścia w okolicy peryhelium.

Niezwykle ciekawe okazały się jednak dwie kolejne grupy (odkryte przez Rainera Krachta i Briana Marsdena), których składniki obserwowane są od początków misji, a co więcej, są kometami krótkookresowymi. Obiekty z grup Krachta i Marsdena o dostatecznie dużych rozmiarach potrafią przetrwać przejście przez

peryhelium i zwykle pojawiają się ponownie po blisko 5–6 latach. Powstały one najprawdopodobniej w wyniku rozpadu okresowej komety 96P/Machholz, która z podobnym okresem powraca w pobliże Słońca. Obie grupy stanowią około 3% wszystkich obiektów odkrywanych za pośrednictwem sondy SOHO, a w ich skład wchodzi około 70 komet.

Działania polskie w projekcie oraz zestawienie odkryć w 2010 roku

Pierwsze próby poszukiwań komet SOHO przez Polaków datowane są na lata 2000–2002, jednak z powodu ograniczonego dostępu do Internetu nie przyniosły one większych efektów (w powszechnym użyciu nadal był modem telefoniczny i łącza internetowe o dość niskiej przepustowości). Dopiero w 2006 roku doszło do przełomu, kiedy swoje pierwsze komety w ciągu kilkudziesięciu godzin odkrył Arkadiusz Kubczak z Piotrkowa Trybunalskiego. Kolejne lata przynosiły coraz lepsze rezultaty, co wzbudziło spore zainteresowanie wśród polskich miłośników astronomii. Obecnie w projekcie uczestniczy kilkunastu Polaków, z czego pięciu odkryło komety: Eryk Banach, Marek Kałużny, Arkadiusz Kubczak, Michał Kusiak (autor artykułu) oraz Rafał Reszelewski. Ostatni z wymienionych dokonał swojego odkrycia w maju 2010 roku jako trzynastoletni uczeń gimnazjum, co wraz z Hanjie Tan z Chin czyni go najmłodszym uczestnikiem projektu, któremu udało się odnaleźć kometa.

Rok 2010 zakończył się w sposób niezwykle udany dla polskich uczestników. W tym czasie zanotowaliśmy łącznie 59 odkryć nowych komet, co dało nam drugie miejsce wśród krajów biorących udział w projekcie. Co więcej, ubiegły rok był czasem próby dla samego projektu. W grudniu 2009 NASA ucięła sporą część funduszy na prowadzenie działań w ramach kilku misji kosmicznych, co przełożyło się również na blisko półroczne zawieszenie projektu SOHO Sungrazing Comets. Nie oznaczało to jednak końca poszukiwań. Na ten czas koordynator projektu Karl Battams (z Naval Research Lab w Waszyngtonie) przekazał mi tymczasowo część swoich obowiązków, dzięki czemu od grudnia 2009 do czerwca 2010 centrum działań projektu znalazło się w naszym kraju. W tym okresie skatalogowanych zostało ponad 120 nowych komet, a dalsze badania rozpoczęto w lipcu. Był to także okres, w którym zanotowano niezwykle dużą liczbę pojawień komet z Grupy Kreutza. Wśród nich 7 komet o nieprzeciętnie dużej jasności.

- **C/2009 Y4 (STEREO)** na zdjęciach STEREO HI1A (z 30.12.2009), odkrywca: Alan Watson (Australia)
- **C/2010 B3 (STEREO)** na zdjęciach STEREO HI1A (z 17.01.2010), odkrywca: Alan Watson (Australia)
- **C/2010 E6 (STEREO)** na zdjęciach STEREO HI1A (z 10.03.2010), odkrywca: Alan Watson (Australia)
- **SOHO-1932** na zdjęciach LASCO C3 (z 19.10.2010), odkrywca Bo Zhou (Chiny)

- **SOHO-1948** na zdjęciach LASCO C3 (z 12.11.2010), odkrywca Masanori Uchina (Japonia)
- **SOHO-1954** na zdjęciach LASCO C3 (z 17.11.2010), odkrywca Michał Kusiak (Polska) – rys. 4
- **SOHO-1990** na zdjęciach LASCO C3 (z 19.12.2010), odkrywca Michał Kusiak (Polska)

W trakcie poszukiwań, oficjalnie zanotowano trzy tak zwane „kamienie milowe”, czyli odkrycie komet z nadanymi okrągłymi numerami katalogowymi:

- SOHO-1800: Masanori Uchina (Japonia), 6.02.2010
- SOHO-1900: Zhijian Xu (Chiny), 11.08.2010
- SOHO-2000: Michał Kusiak (Polska), 26.12.2010



Rys. 4. SOHO-1954 odkryta 17 listopada 2010 roku. Jedna z najjaśniejszych komet z Grupy Kreutza w 2010 roku

Name (Country)	Discoveries
Michał Kusiak (Poland)	55
Bo Zhou (China)	44
Masanori Uchina (Japan)	43
Jiangao Ruan (China)	35
Zhijian Xu (China)	26
Alan Watson (Australia)	17
Robert Matson (US)	9
Rainer Kracht (Germany)	6
Keith Nakonechny (Canada)	3
Arkadiusz Kubczak (Poland)	2
Hua Su (China)	2
Tony Hoffman (US)	1
Rafał Reszelewski (Poland)	1
Bin Wang (China)	1
Hanjie Tan (China)	1
Shishir Deshmukh (India)	1
Man-To Hui (China)	1
Marek Kaluzny (Poland)	1

Zestawienie wykonane na podstawie informacji ze stron: Sungrazing Comets i BAA Comet Section

W 2010 roku w projekcie wzięło udział około 30 osób z całego świata spośród ponad 100 zarejestrowanych. 18 z nich odkryło przynajmniej jedną kometę:

Rok 2011 rozpoczął się w projekcie odkryciem kolejnych komet, w tym także przez Polaków. Życzę wszystkim pasjonatom tego tematu, żeby przyniósł on równie ciekawe wyniki jak w roku ubiegłym, a co najważniejsze, żeby uczestnicy z naszego kraju poprzez swoje poszukiwania pogłębiali możliwie jak najszerszej swoją wiedzę.