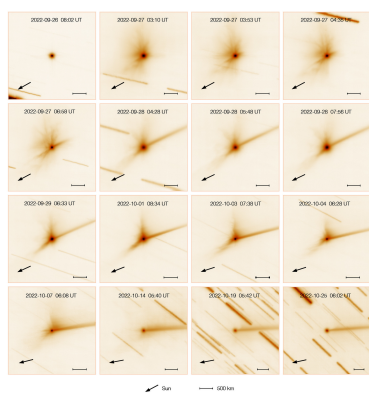


## Prosto z nieba: Kontrolowane zderzenia w kosmosie

Double Asteroid Redirection Test (DART) – bezzałogowa misja sondy kosmicznej. Zadaniem DART była zaplanowana kolizja z księżycem planetoidy Didymos, Dimorphosem. Średnica Dimorphosa to jedynie 160 m. Asteroida ta nie zagraża Ziemi, a celowe rozbicie sondy i próby zmiany jej kursu miały jedynie na celu przetestowanie strategii do zastosowania w razie sytuacji kryzysowej. Sonda DART została wyniesiona na orbitę 24 listopada 2021 roku i zderzyła się z Dimorphosem 26 września 2022 roku o godzinie 23:14 UTC.



Seria zdjęć wykonanych za pomocą instrumentu MUSE na VLT ESO. Zdjęcia te pokazują ewolucję chmury gazu wyrzuconej podczas zderzenia DART z Dimorphosem. Pierwsze zdjęcie zostało wykonane 26 września 2022 roku, tuż przed uderzeniem, a ostatnie prawie miesiąc później, 25 października. Strzałka w każdym panelu oznacza kierunek położenia Słońca. Poziomy pasek odpowiada 500 kilometrom

MUSE – instrument Multi Unit Spectroscopic Explorer zamontowany na jednym z teleskopów VLT w Europejskim Obserwatorium Południowym.

FORS2–FOcal Reducer/low dispersion Spectrograph 2 – także jeden z instrumentów należących do VLT Europejskiego Obserwatorium Południowego.

Zapewne wielu z Czytelników *Delty* widziało film z 2021 roku „Nie patrz w górę”. W filmie tym dwójka astronomów, grana przez Leonardo DiCaprio i Jennifer Lawrence, za pomocą mediów próbuje ostrzec ludzkość przed zmierzającą w stronę Ziemi zabójczą asteroidą. Okazuje się, że uderzenie asteroidy w Ziemię jest jedną z niewielu katastrof naturalnych, którym teoretycznie (zakładając, że wypatrzymy taki obiekt odpowiednio wcześniej) możemy zapobiec poprzez niewielką zmianę trajektorii jej lotu (o czym pisałam także w  $\Delta_{22}^{12}$  w dziale „Prosto z nieba”: *I Ty możesz odkryć asteroidę! Nie patrz w górę – użyj Zooniverse*). Właśnie w celu sprawdzenia, czy zmiana trajektorii lotu asteroidy w wyniku kontrolowanego zderzenia z wysłaną z Ziemi sondą jest możliwa, zaprojektowano i wysłano na niechybną śmierć misję DART.

Kontrolowane zderzenie nastąpiło 27 września 2022 roku. Wążąca 545 kg sonda DART zderzyła się z planetoidą Dimorphos w odległości około 11 mln km od Ziemi. Odległość ta umożliwiła szczegółowe obserwacje zdarzenia za pomocą całego wachlarza teleskopów naziemnych i satelitarnych. I tak zderzenie zaobserwował niezawodny Kosmiczny Teleskop Hubble’a (HST). Poklatkowy film z tego zdarzenia można obejrzeć na stronach NASA ([go.nasa.gov/3E0vIdP](https://go.nasa.gov/3E0vIdP)). Skutki tego zdarzenia zaobserwowały również wszystkie cztery 8,2-metrowe teleskopy Very Large Telescope (VLT, Bardzo Duży Teleskop) w Chile. Obserwacje zostały poddane wnikliwej analizie, a ich wyniki opublikowano niedawno na łamach czasopism „Astronomy & Astrophysics” i „Astrophysical Journal Letters”.

Precyzyjne obserwacje orbity Dimorphosa wokół asteroidy Didymos przed i po kontrolowanej kolizji z DART pozwoliły na pomiar odchylenia, jakie spowodowało zderzenie. Analizy uzyskanych pomiarów dokonał zespół astronomów, kierowany przez badaczy misji DART w Laboratorium Fizyki Stosowanej Uniwersytetu Johnsa Hopkinsa. Badano dane pochodzące z obserwatoriów na całym świecie i na ich podstawie ustalono, że DART skrócił okres orbitalny Dimorphosa wokół Didymosa o 33 minuty (od początkowej wartości wynoszącej 11 godzin i 55 minut). Warto podkreślić, że próg powodzenia misji DART wynosił 73 sekundy.

Naukowcy badali również chmurę materiału wyrzuconego po uderzeniu sondy DART. Dokładna jej analiza może rzucić światło na to, jak uformował się Układ Słoneczny, gdyż asteroidy są jednymi z najbardziej podstawowych reliktyw materiału, z którego powstały wszystkie planety i księżyce Układu Słonecznego. Kontrolowane zderzenie DART z Dimorphosem obserwowane przez wiele teleskopów równocześnie pozwoliło na prawie laboratoryjną analizę chemiczną, którą przeprowadził zespół pod kierownictwem astronomki Cyrielle Opitom z Uniwersytetu w Edynburgu. Badacze przez miesiąc śledzili ewolucję chmury odłamków za pomocą instrumentu MUSE. Zauważono, że wyrzucona chmura była bardziej niebieska niż sama asteroida przed uderzeniem, co wskazuje, że chmura mogła być zbudowana z bardzo drobnych cząstek. W ciągu godzin i dni, które nastąpiły po uderzeniu, rozwinęły się inne struktury: grudki, spirale i długi ogon wypchnięty przez promieniowanie słoneczne. Spirale i ogon były bardziej czerwone niż początkowy obłok, a więc mogły być zbudowane z większych cząstek. Dzięki MUSE możliwa była analiza spektrum widma pochodzącego z obłoku. Nie znaleziono w nim śladów tlenu i wody – ten kontrolowany eksperyment wykazał, że asteroidy nie zawierają znaczących ilości lodu.

Drugi zespół, kierowany przez astronoma Stefano Bagnulo z Armagh Observatory and Planetarium w Wielkiej Brytanii, badał, jak uderzenie DART zmieniło powierzchnię asteroidy. W tym celu użyto instrumentu FORS2 w VLT. Badano polaryzację światła słonecznego rozpraszanego na powierzchni Dimorphosa. Okazało się, że poziom polaryzacji nagle spadł po uderzeniu DART, a jednocześnie wzrosła ogólna jasność układu. Jednym z możliwych wyjaśnień jest to, że uderzenie odsłoniło pierwotny materiał z wnętrza asteroidy, który nigdy nie był wystawiony na działanie wiatru i promieniowania

Oparte na artykułach: C. Opitom et al., "Morphology and spectral properties of the DART impact ejecta with VLT/MUSE" *Astronomy & Astrophysics*, 2023, 671, L11 i S. Bagnulo et al., "Optical spectropolarimetry of binary asteroid Didymos-Dimorphos before and after the DART impact", *Astrophysical Journal Letters*, 2023, 945 L38.

słonecznego. Innym wyjaśnieniem jest to, że uderzenie zniszczyło cząstki znajdujące się na powierzchni Dimorphosa, wyrzucając tym samym znacznie mniejsze ich odłamki do chmury gazu. Mniejsze cząstki znacznie efektywniej odbijają światło, lecz także w mniejszym stopniu je polaryzują.

Katarzyna MAŁEK

Departament Badań Podstawowych (BP4), Zakład Astrofizyki, Narodowe Centrum Badań Jądrowych

## Niebo w październiku

Cały miesiąc Słońce spędza w gwiazdozbiornie Panny, szybko obniżając swoją wysokość nad horyzontem. Pod koniec października w środkowej Polsce przecina ono południk lokalny na wysokości mniejszej od  $25^\circ$ , przebywając na nieboskłonie wyraźnie krócej niż 10 godzin. W nocy z 28 na 29 października nastąpi zmiana czasu na zimowy, a zatem konieczne będzie przestawienie zegarów z godziny 3 na 2.

Ze Słońcem (i Księżycem) związane są dwa główne wydarzenia astronomiczne października: 14 dnia miesiąca Księżyc przejdzie przez nów, a jego półcień przetnie powierzchnię naszej planety od południowo-zachodniej części Stanów Zjednoczonych po Brazylię. Niestety dojdzie tylko do zaćmienia obrączkowego, które potrwa nawet ponad 5 minut w Nikaragui, Kostaryce i Panamie, a Księżyc przesłoni maksymalnie 95% średnicy tarczy Słońca.

Dwa tygodnie później natomiast nastąpi pełnia Srebrnego Globu, podczas której zahaczy on o cień Ziemi. Tym razem całe zjawisko da się obserwować z Europy (a także z większości Afryki i Azji oraz z Arktyki). Niestety podczas fazy maksymalnej zaćmienia w cień Ziemi wejdzie niewiele ponad 12% księżycowej tarczy. W Polsce zjawisko zacznie się około godziny 20:01 wejściem Księżyca w półcień Ziemi, zaćmienie częściowe zacznie się o godzinie 21:34, faza maksymalna – o 22:14, koniec fazy częściowej – o 22:52 i koniec fazy półcieniowej – o godzinie 0:26. W fazie maksymalnej Księżyc zajmie pozycję na wysokości przekraczającej  $40^\circ$  nad południowo-wschodnią częścią widnokręgu. W odległości  $6^\circ$  na wschód od niego towarzystwa dotrzyma mu bardzo jasna planeta Jowisz na kilka dni przed opozycją. Kolejne  $10^\circ$  dalej prawie w tym samym kierunku przez lornetkę da się dostrzec również bliską opozycji planetę Uran. Około  $8^\circ$  nad Srebrnym Globem pokażą się zaś jasne gwiazdy konstelacji Barana.

Księżyc spotka się z parą planet Jowisz–Uran również na początku miesiąca. W nocy z 1 na 2 października jego tarcza w fazie ponad 90% minie Jowisza w odległości mniejszej od  $3^\circ$ , kolejnej nocy natomiast wejdzie w podobnej odległości na wschód od Urana, ale w fazie zmniejszonej do 85% (do rana Księżyc zbliży się na mniej niż  $2^\circ$  do Plejad w Byku). Obie planety dążą do listopadowych opozycji i można je obserwować przez całą najciemniejszą część nocy. Obie planety górują około godziny 2 na wysokości ponad  $50^\circ$ . Do końca października Jowisz zwiększy swoją jasność do  $-2,9^m$  i średnicę kątową swojej tarczy do  $50''$ .

Planeta Uran kreśli swoją pętlę przy granicy Barana z Bykiem i świeci z jasnością obserwowaną  $+5,6^m$ .

Kolejne dwie noce naturalny satelita Ziemi spędzi w gwiazdozbiornie Byka, zmniejszając fazę najpierw do 75, a następnie do 65%. 3 października wieczorem Księżyc utworzy trójkąt prawie równoramienny z Plejadami i Aldebaranem, najjaśniejszą gwiazdą konstelacji. Dobę później zaś jego tarcza zbliży się na około  $1,5^\circ$  do El Nath, drugiej co do jasności gwiazdy konstelacji. Księżyc zakryje tę gwiazdę, ale zjawisko da się dostrzec tylko z południowej części Oceanu Indyjskiego.

6 października Księżyc przejdzie przez ostatnią kwadrę, a 7 dnia miesiąca nad ranem zbliży się na  $4^\circ$  do Polluksa, najjaśniejszej gwiazdy Bliźniąt, zmniejszając przy tym fazę do 45%. W październiku ekliptyka tworzy bardzo duży kąt z porannym widnokręgiem, stąd Księżyc pozostanie dobrze widoczny aż do samego nowiu. 8 i 9 dzień miesiąca Srebrny Glob ma zarezerwowane na odwiedzin gwiazdozbioru Raka. Nad ranem jego sierp zwięzi się, odpowiednio, do 35% i 26%, a tarcza pokaże się najpierw  $6^\circ$  na północny zachód, a potem  $7^\circ$  na wschód od gromady otwartej M44.

Poranki 10, 11 i 12 października Srebrny Glob spędzi w gwiazdozbiornie Lwa. Pierwszej z wymienionych nocy Księżyc w fazie 18% pokaże się  $5^\circ$  nad Regulusem i  $7^\circ$  nad Wenus. Drugiej nocy jego tarcza pokaże się  $8^\circ$  na wschód od Wenus, kolejnej natomiast jego sierp zwięzi się do zaledwie 6%, a najbliższą jasną gwiazdą okaże się Denebola, druga co do jasności gwiazda Lwa, odległa od Księżyca o  $10^\circ$ . Przy odpowiednio przejrzystym niebie bardzo cienki sierp Księżyca, w fazie jedyne 2%, da się dostrzec również 13 października, gdy do jego nowiu zabraknie mniej więcej 1,5 doby. O świcie jego tarcza zajmie pozycję na wysokości około  $5^\circ$ , ale do jej odnalezienia niezbędna może okazać się lornetka.

Planeta Wenus w październiku pokona prawie  $28^\circ$  w Lwie i 24 października osiągnie swoją maksymalną elongację zachodnią  $46^\circ$ . 9 października Wenus przejdzie nieco ponad  $2^\circ$  na południe od Regulusa, a do końca miesiąca jej jasność spadnie do  $-4,3^m$ , tarcza zmniejszy średnicę kątową do  $22''$  i zwiększy fazę do 54%.

W pierwszym tygodniu miesiąca o świcie można próbować odnaleźć planetę Merkury. Jej spotkanie ze Słońcem przypada 20 października – i do tego czasu jej tarcza się zmniejsza, ale jednocześnie rośnie faza, stąd jasność planety wynosi  $-1,2^m$ . 1 października