



Czym była sonda Giotto?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czym była sonda Giotto?

Źródło: dostępny w internecie:

https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2003/05/giotto_launch_preparations/9823205-3-eng-GB/Giotto_launch_preparations_pillars.jpg [dostęp 22.05.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Najbliższe nam kosmiczne otoczenie, czyli Układ Słoneczny, cały czas jest tematem badań naukowych. Dość dobrze znane jest otoczenie wokół planet Układu Słonecznego, lecz to, co znajduje się poza obszarem planet, pozostaje nadal zagadką. Mówi się, że dokładna analiza komet jest kluczem do poznania budowy i powstania Układu Słonecznego. To właśnie długookresowe komety pochodzące z krańców Układu Słonecznego mogą dostarczyć informacji o pierwotnej materii, z której powstał nasz układ planetarny, a także pozwalają poznać obecny kształt i granice Układu Słonecznego. W jaki sposób można badać szybko przemieszczające się, niewielkie ciała niebieskie, jakimi są komety? Jedynym sposobem dokładnej analizy takich ciał niebieskich jest wysłanie w ich kierunku sondy badawczej. W tym e-materiale dowiesz się, co zrobiła sonda kosmiczna Giotto i dlaczego jej odkrycia były przełomowe w badaniu komet.

Twoje cele

- dowiesz się, jak była skonstruowana i z czego składała się sonda Giotto,
- poznasz najważniejsze osiągnięcia europejskiej sondy Giotto,
- przeanalizujesz synchronizację wystrzału sondy z ruchem komety,
- zrozumiesz skomplikowany tor ruchu sondy w stronę komety,

- uzasadnisz poglądy związane z trudnościami w badaniu komet z kosmosu,
- przekonasz się, czy rozwój technologii umożliwia obecnie dokładniejsze badania komet.

Przeczytaj

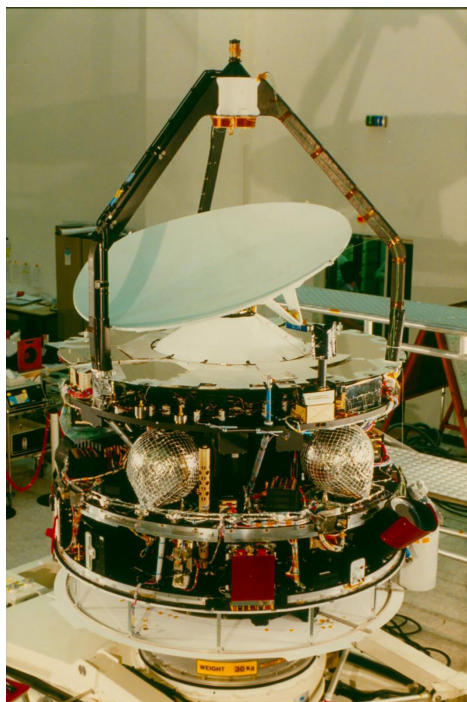
Warto przeczytać

Eksploracja Układu Słonecznego zaczęła się w drugiej połowie XX wieku. Zaczęto konstruować urządzenia, które umieszczone w przestrzeni kosmicznej z łatwością dokonywały pomiarów ciekawych obiektów astronomicznych Układu Słonecznego. Jednak najtrudniejszym zadaniem okazało się badanie szybko przemieszczających się, niewielkich ciał niebieskich, jakimi są [komety](#). Obiekty te zbliżają się do okolic Słońca bardzo rzadko. Z tego powodu misję, którą przygotowuje się latami, można przeprowadzić tylko i wyłącznie w określonym terminie. Jeżeli coś opóźni lot sondy, wieloletnie przygotowania pójdą na marne. W 1979 roku Europejska Agencja Kosmiczna (European Space Agency, w skrócie nazywana ESA) postanowiła stworzyć własną sondę kosmiczną, której celem było zbadanie komety Halleya. Dzięki wielu danym zbieranym przez astronomów przez setki lat, trajektoria tej komety jest dobrze znana. To umożliwiło europejskim naukowcom zaplanowanie lotu sondy tak, aby znalazła się jak najbliżej komety. W 1981 roku rozpoczęto prace nad budową kolejnych podsystemów badawczych sondy w różnych krajach europejskich.

Sonda Giotto wyposażona była w wiele urządzeń pomiarowych:

- wielokolorowy aparat fotograficzny,
- spektrometry masowe, czyli urządzenia badające stosunek masy do ładunku elektrycznego cząstki,
- fotopolarymetr, czyli urządzenie badające strumień odbitego światła i jego polaryzację,
- urządzenia badające pył i plazmę.

Oznacza to, że sonda miała na swoim pokładzie wszelkie możliwe urządzenia umożliwiające badanie ciał niebieskich w tamtych czasach.

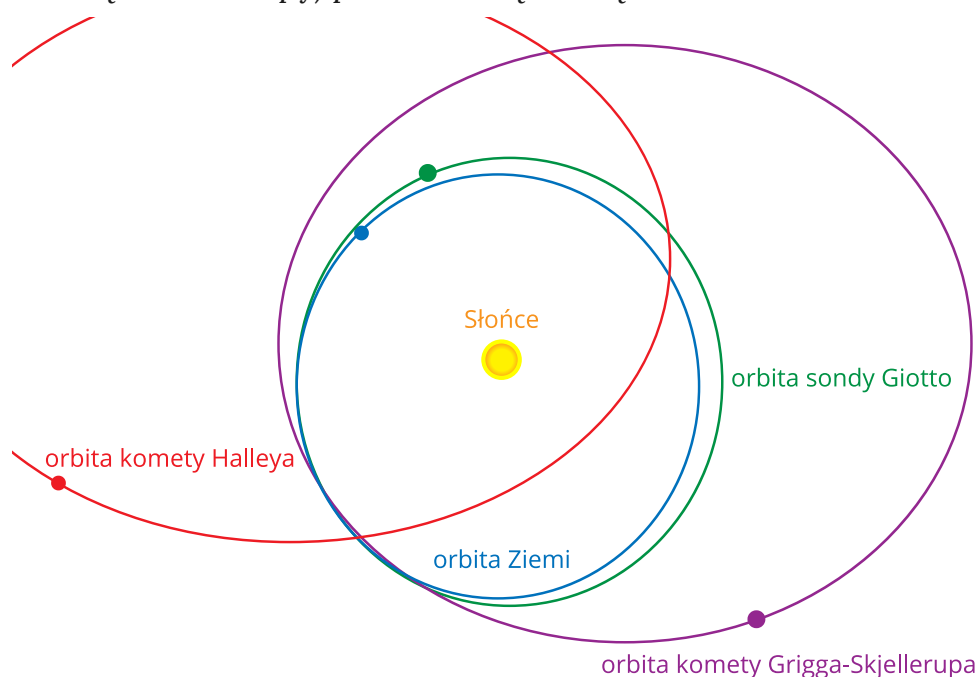


Rys. 1. Sonda Giotto podczas konstrukcji. Cała konstrukcja ważyła około 960 kg. Główny korpus miał wysokość 1,1 metra i średnicę 1,85 metra. Cylinder składał się z 3 platform, na których umieszczane były urządzenia badawcze. Na szczycie cylindra umieszczona była antena komunikacyjna. Cała sonda, wraz z anteną, miała wysokość 2,85 metra. Silnik umieszczony był w środku cylindra od dołu.

Źródło: dostępny w internecie:

https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2009/02/giotto_whipple_shield/10304765-2-eng-GB/Giotto_Whipple_shield_pillars.jpg [dostęp 22.05.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

Sondę Giotto wystrzelono 2 lipca 1985 roku po 6 latach przygotowań misji. Wyniesiona została z kosmodromu na Gujanie Francuskiej (najlepsze miejsce do wynoszenia sond kosmicznych należące do Europy) przez rakietę nośną Ariane 1.



Rys. 2. Sonda Giotto znajdowała się na eliptycznej orbicie (zielona) wokół Słońca. Orbita ta niewiele różni się od orbity Ziemi (niebieska). Na czerwono i fioletowo zaznaczono orbity komet, obok których przelatywała sonda

Główne cele naukowe sondy Giotto to:

- uzyskanie kolorowych zdjęć jądra komety Halleya,
- określenie składu chemicznego gazowej otoczki jądra komety, czyli tak zwanej komy,
- zbadanie i scharakteryzowanie procesów chemicznych zachodzących w otoczce komety,
- analiza chemiczna pyłu kometarneego,
- analiza reakcji komy z wiatrem słonecznym.

Po kilku miesiącach podróży sonda Giotto zbliżyła się do komety Halleya w nocy z 13 na 14 marca 1986 roku. Konstruktorzy planowali maksymalne zbliżenie w odległości 500 km od komety. Niestety kilkanaście sekund przed pełnym zbliżeniem w sondę uderzyła duża cząsteczka pyłu, powodując nieprzewidziany ruch sondy oraz niewielkie uszkodzenia przyrządów badawczych. Tego typu nieprzewidziane zdarzenia występują we wszystkich misjach kosmicznych. Naukowcy nie są w stanie przewidzieć, jakiego rodzaju pył lub drobne ciało niebieskie znajdzie się na drodze sondy. W szczególności problem ten występuje właśnie w sondach kometarneych. Nigdy nie wiadomo, jak duże oddziaływanie może mieć otoczka komety na sondę. Mimo komplikacji, sonda zbliżyła się do jądra komety Halleya na odległość 596 km. Oznacza to, że różnica pomiędzy planowaną odległością a rzeczywistą to zaledwie 96 km – w skalach astronomicznych można uznać to za znikomą różnicę.



Rys. 3. Kometa 1P-Halley sfotografowana 14 marca 1986 roku przez sondę Giotto. Pierwsze zdjęcie (górny lewy panel) wykonane 3 godziny przed wielkim zbliżeniem sondy do komety z odległości 766371 km. Ostatnie zdjęcie (dolny prawy panel) wykonane zaledwie 27 sekund przed wielkim zbliżeniem z odległości 1917 km. Ze zdjęć zrobionych przez sondę wynikało, że kometa Halleya ma kształt „ziemniaka” o wymiarach $15 \times 7,2 \times 7,2$ km.

Źródło: dostępny w internecie:

https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2016/03/giotto_approaching_comet_halley/15865346-1-eng-GB/Giotto_approaching_Comet_Halley_pillars.jpg [dostęp 22.05.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

Mimo niewielkich przeszkód sonda w pełni osiągnęła swój cel naukowy – dokonała pełnych pomiarów komety Halleya. Po odebraniu wszystkich danych z sondy wprowadzono ją w stan hibernacji licząc na to, że po włączeniu jej ponownie dokona pomiarów innych ciał niebieskich będących w jej otoczeniu.

Sonda Giotto przeleciała nie tylko obok komety Halleya, ale również obok komety 26P nazywanej kometą Grigga-Skjellerupa. Nazwa komety pochodzi od jej odkrywców: John Grigg odkrył ją w lipcu 1902 roku, natomiast niezależnie w 1922 roku odkrył ją ponownie John F. Skjellerup. Niestety sonda ze względu na uszkodzoną kamerę (prawdopodobnie uszkodzenie nastąpiło w okresie hibernacji) nie wykonała żadnego zdjęcia tej krótkookresowej komety z rodziny Jowisza, mimo że przeleciała zaledwie 200 km od niej.

Sonda Giotto jako pierwsza:

- wykonała precyzyjne zdjęcia jądra komety,
- przeleciała obok dwóch komet,
- wybudziła się ze stanu hibernacji,
- wykorzystywała pole grawitacyjne Ziemi do tak zwanego manewru grawitacyjnego.

Dzięki polu grawitacyjnemu Ziemi i jej ruchowi wokół Słońca sonda Giotto, bez użycia silników, mogła zwiększyć swoją prędkość i przemieścić się w kierunku komety. Co ciekawe, po zbadaniu komety Halleya wróciła ona w obręb Ziemi, dokonując pierwszego w historii tego typu przelotu obok macierzystej planety (ang.: *flyby*). Asysta grawitacyjna, nazywana też manewrem grawitacyjnym, jest bardzo często wykorzystywana w misjach kosmicznych. Pozwala ona znacznie zwiększyć prędkość statku i trajektorię jego lotu bez ogromnych nakładów paliwa, którego transport jest jednym z głównych problemów misji kosmicznych.

Ogromny sukces misji kosmicznej przeprowadzonej przez sondę Giotto sprawił, że ESA zaplanowała kolejną misję kometarną. Była nią misja ROSETTA, wystrzelona w marcu 2004 roku. Po prawie 20 latach od sukcesu misji Giotto, misja ROSETTA była znacznie bardziej zaawansowana technologicznie, postawiono jej znacznie więcej celów naukowych, a także przewidziano znacznie dłuższy okres trwania misji. Sonda ta doleciała do celu – komety 67P/Churyumov-Gerasimenko w sierpniu 2014 roku. Rozwój technologii przez 20 lat dzielących sondę Giotto i sondę ROSETTA sprawił, że nowa sonda nie tylko badała komętę znajdując się w jej otoczeniu, ale również zrzuciła próbnik na jej powierzchnię w celu dokładniejszych pomiarów samego jądra komety. Niestety próbnik ten uległ poważnym uszkodzeniom podczas lądowania. Więcej o sondach kosmicznych przeczytasz w e-materiale pt. „[Bezzałogowe misje kosmiczne](#)”.

Słowniczek

Kometa

(ang.: *comet*) małe lodowo-skalne ciało niebieskie Układu Słonecznego. Komety poruszają się po zazwyczaj bardzo eliptycznych orbitach, a Słońce leży w jednym z ognisk tej orbity. Czasami zdarza się, że kometa porusza się po orbicie otwartej i tylko raz w swojej historii zbliża się do gwiazdy centralnej. Kometa składa się z jądra, a gdy jest w aktywnym stadium, blisko Słońca, wytwarza się koma, czyli gazowa otoczka oraz warkocz gazowo pyłowy.

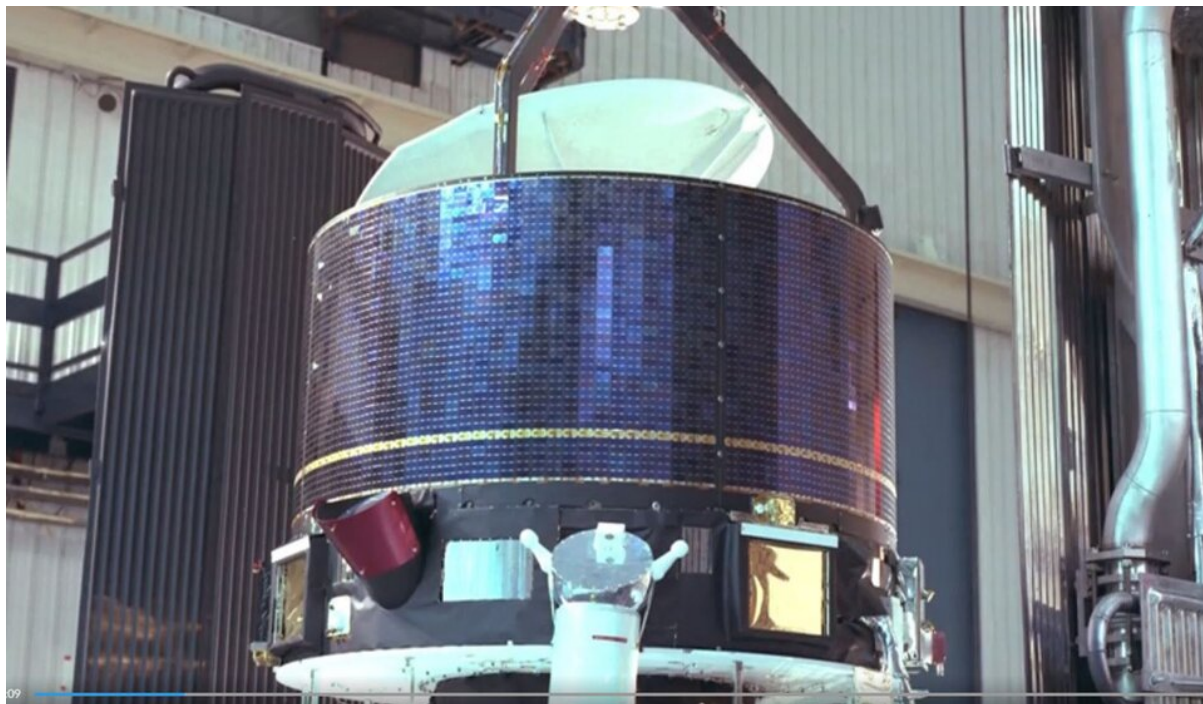
Bezzałogowa misja kosmiczna

(ang.: *unmanned space mission*) astronomowie tworzą na Ziemi urządzenie badawcze, które ma na celu dotrzeć do wybranego ciała niebieskiego i dokonać zaplanowanych pomiarów. Sonda sterowana jest z Ziemi. Cel misji danej sondy kosmicznej jest bardzo precyzyjnie zaplanowany od pierwszych minut startu. Często zdarza się, że sonda działa bardzo dobrze i wybierany jest drugi cel misji.

Animacja

Czym była sonda Giotto?

Animacja przedstawia budowę sondy Giotto oraz to, co udało się jej zbadać, czyli kometę Halleya.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/Rel6apUwTa1dZ>

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Animacja nosi tytuł: Czym była sonda Giotto? Zaprezentowana w niej sonda Giotto ma postać cylindrycznego elementu, obudowanego specjalną osłoną. W górnej części cylindrycznej sondy umieszczono biały talerz anteny komunikacyjnej. W animacji pojawia się również rakieta kosmiczna, za pomocą której sonda została wyniesiona w przestrzeń kosmiczną. Następnie w animacji pojawia się grafika prezentująca część Układu Słonecznego. W centralnej części, na tle czarnej przestrzeni kosmicznej zaznaczono żółty punkt opisany jako Słońce. Wokół Słońca zaznaczono eliptyczne orbity Merkurego, Wenus, Ziemi oraz Marsa. W grafice zaznaczono również przerywaną białą linią trajektorie komety Halleya. Kometa porusza się po zakrzywionym eliptycznym torze w stronę Słońca. Trajektorie komety obiega Słońce od góry. Z punktu na orbicie Ziemi zaznaczono żółtą linią trajektorie sondy Giotto. Sonda porusza się po elipsie, która w animacji rysowana jest w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Sonda obiega Słońce. Po objęciu gwiazdy, z lewej strony u dołu od Słońca, trajektorie komety oraz sondy przecinają się. W tym punkcie oba obiekty znajdują się w najmniejszej wzajemnej odległości. W okolicach tego punktu zadaniem sondy było wykonanie zdjęć komety. Poza wykonaniem zdjęć komety zadaniem sondy było wykonanie pełnej analizy budowy, składu chemicznego oraz interakcji

komety z wiatrem słonecznym. Sonda wykonała szereg zdjęć komety Halleya. W animacji przedstawiono je w postaci montażu filmowego. Początkowo kometa widoczna jest w postaci jasnego punktu na tle czarnej przestrzeni kosmicznej. W miarę zbliżania się sondy kometa widoczna jest na kolejnych kadrach w postaci coraz większego jasnego "obiekta", który porusza się w prawo ciągnąc za sobą jasny warkocz. Zdjęcia te zostały wykonane w tysiąc dziewięćset osiemdziesiątym szóstym roku. Podczas misji sonda Giotto zbliżyła się do komety Halleya na odległość pięciuset dziewięćdziesięciu sześciu kilometrów. Wykonane z tej odległości zdjęcie jądra komety przedstawia jasny obiekt otoczony białą poświatą. W animacji wykorzystano materiały udostępnione przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA).

Polecenie 1

W animacji pokazane jest jak sonda Giotto zbliża się do komety Halleya. W prawym dolnym rogu ekranu wyświetla się dystans do komety oraz czas do największego zbliżenia. Czy z tych danych można wyznaczyć średnią prędkość sondy w pobliżu komety?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Jaki był cel misji kosmicznej Giotto?

- ☐ Badanie komet okresowych.
- ☐ Badanie planet karłowatych z pasa planetoid.
- ☐ Badanie planetoid w pasie pomiędzy Marsem a Jowiszem.
- ☐ Badanie planet wewnętrznych Układu Słonecznego.
- ☐ Badanie planet zewnętrznych Układu Słonecznego.

Ćwiczenie 2



Podaj skrót agencji kosmicznej, która stworzyła sondę kosmiczną Giotto oraz niecałe 20 lat później sondę kosmiczną ROSETTA.

Q B S E A R O N

Ćwiczenie 3



W jakich latach odkryto kometę Grigga-Skjellerupa?

☐ 1999

☐ 1922

☐ 1902

☐ 2005

Ćwiczenie 4



Przyporządkuj datę do wydarzenia związanego z sondą Giotto.

Odpowiedź:

a) wystrzelenie sondy na orbitę

b) zbliżenie do komety Halleya

c) zbliżenie do komety Grigga-Skjellerupa

d) zakończenie misji

23.07.1992 r.

10.07.1992 r.

2.07.1985 r.

14.03.1986 r.

Ćwiczenie 5



Czy sonda Giotto rzuciła próbnik na powierzchnię komety Halleya?

Odpowiedź: Tak ☐ / Nie ☐

Ćwiczenie 6



Sonda Giotto dotarła do komety Halleya w 1986 roku. Następne zbliżenie do Słońca tej komety ma nastąpić w 2061 roku. Zastanów się nad tym, czy naukowcy, którzy skonstruowali sondę ROSETTA, czyli następczynię sondy Giotto, mają szansę wziąć udział w konstruowaniu nowej sondy, której celem może być zrzucenie próbnika na komętę Halleya?

Ćwiczenie 7



Na czyją cześć została nazwana sonda Giotto? Wyszukaj tę informację na przykład w Internecie.

- ☐ włoskiego tenora Giotto di Urlare
- ☐ włoskiego fotografa Giotto di Miope
- ☐ włoskiego malarza Giotto di Bondone
- ☐ włoskiego mecenasa sztuki Giotto di Insapore

Ćwiczenie 8



Przeanalizuj tekst artykułu z czasopisma *Urania-Postępy Astronomii* z dnia 21 stycznia 2020 opracowanego przez Elżbietę Kuligowską na temat analizy związków chemicznych w kometach. Na podstawie tekstu odpowiedz na pytanie: Czy po ponad 30 latach, łącząc dane obserwacyjne i pomiarowe, można wyciągnąć nowe naukowe wnioski o komecie Halleya?

Tekst artykułu:

„Zespół naukowy kierowany przez Kathrin Altwegg z Uniwersytetu Berneńskiego znalazł odpowiedź na pytanie, dlaczego tak niewiele cząsteczek azotu można było wcześniej wykryć w dyfuzyjnych otoczkach kometarnych. Cząstki te, wchodzące w skład organizmów żywych, występują głównie w postaci soli amonowych, których obecność nie była wcześniej możliwa do zmierzenia. A to może być kolejnym dowodem na to, że umożliwić rozwój życia na Ziemi mogły właśnie komety.

Ponad 30 lat temu europejska misja kosmiczna Giotto dokonała udanego przelotu obok komety Halleya. Berneński spektrometr IMS znalazł się wówczas na pokładzie sondy. Kluczowym odkryciem dokonany na bazie pomiarów tego instrumentu było to, że w komecie Halleya nie było zbyt wiele azotu. Koma to mglista otoczka powstająca podczas zbliżania się danej komety do ogrzewającego ją Słońca. I chociaż azot (N) został tam znaleziony w formie amoniaku (NH_3) i kwasu cyjanowodorowego (HCN), częstość występowania tego związku chemicznego okazała się daleka od oczekiwanej. Ale dlaczego? Po ponad 30 latach naukowcy rozwiązali tę zagadkę w zasadzie dzięki szczęśliwemu przypadkowi. Był nim wynik analizy danych z berneńskiego spektrometru masowego ROSINA, który badał kometa 67P/Churyumov-Gerasimenko z pokładu sondy kosmicznej ESA o nazwie Rosetta.

Niecały miesiąc przed końcem misji Rosetta sonda kosmiczna znajdowała się w odległości zaledwie 1,9 km od powierzchni komety. Leciła wówczas przez obłok unoszącego się z niej pyłu. Spowodowało to bezpośredni wpływ pyłu na źródło jonów spektrometru masowego ROSINA-DFMS (ang. *Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis-Double Focusing Mass Spectrometer*), będącego pod nadzorem naukowców z Uniwersytetu w Bern. Kathrin Altwegg, główny badacz misji ROSINA i współautorka nowych badań opublikowanych w czasopiśmie *Nature Astronomy*, dodaje, że pył ten niemal zniszczył instrument i utrudnił kontrolę pozycji Rosetty.

Ale miało to i dobre strony. Dzięki przelotowi sondy przez chmurę pyłu możliwe było wykrycie takich substancji, które normalnie pozostają uwięzione w zimnym środowisku komety, przez co nie da się ich tam łatwo zmierzyć. Ilość cząstek, z których część nigdy wcześniej nie była wykrywana na żadnej komecie, była zadziwiająca. W szczególności częstość występowania amoniaku, chemicznego związku azotu i wodoru o wzorze NH_3 , okazało się wielokrotnie większe niż zakładano.

- *Wpadliśmy na pomysł, że występowanie amoniaku w danych ROSINA może być związane z występowaniem w komecie soli amonowych - wyjaśnia Altwegg. - Jako sól amoniak ma znacznie wyższą temperaturę parowania niż lód i dlatego jest obecny głównie w postaci ciała stałego w zimnym środowisku komety. Do tej pory nie było możliwe zmierzenie ilości takich substancji stałych ani przez teledetekcję z pomocą teleskopów, ani bezpośrednio na*

miejscu.

Ale na tym nie koniec. Do udowodnienia obecności tych soli w lodzie kometarnym niezbędne były jeszcze dalsze, intensywne prace laboratoryjne. Ostatecznie zespół misji ROSINA wykrył chemiczne ślady pięciu różnych soli amonowych: chlorku amonu, cyjanku amonu, cyjanianu amonu, mrówczanu amonu i octanu amonu. Aż do tego roku pozorny brak azotu w kometach był tajemnicą, a najnowsze badania pokazują teraz, iż jest wysoce prawdopodobne, że azot jest obecny w kometach właśnie w formie soli amonowych. Odkryte sole amonowe zawierają również kilka cząsteczek ważnych z astrobiologicznego punktu widzenia, mogących przyczyniać się do powstawania substancji takich jak mocznik, aminokwasy, adeniny czy nukleotydy. - *Jest to zdecydowanie kolejny dowód na to, że uderzenia komet mogą być powiązane z pojawieniem się życia na [dawnej] Ziemi* – dodaje Altwegg.

Odpowiedź: ☐ Tak, można. / ☐ Nie, nie można.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Monika Sitek
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Misje kometarne – czym są i jakich informacji dostarczają?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; rozszerzenie zapisów podstawy programowej.
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 16) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 18) przedstawia własnymi słowami główne tezy tekstu popularnonaukowego z dziedziny fizyki lub astronomii.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r. • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wykorzystuje samodzielnie wyszukane informacje o misjach mających na celu analizę komet, 2. analizuje problemy związane z misjami kometarnymi, 3. wymienia misje kometarne.
Strategie nauczania:	projektowa
Metody nauczania:	analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	tablety dla każdej grupy uczniów
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Bezzałogowe misje kosmiczne”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel zadaje uczniom zapoznanie się z tematem bezzałogowych misji kosmicznych oraz z niniejszym e-materiałem o sondzie Giotto. Stawia pytania, na które uczniowie muszą znaleźć samodzielnie odpowiedzi: • Czym różni się misja kometarna od innych misji kosmicznych? • Jakie szczególne problemy związane są z misjami kometarnymi? • Czym cechują się sondy badające komety?	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel sprawdza, jak uczniowie poradzili sobie ze znalezieniem odpowiedzi na wcześniej postawione pytania w formie wspólnej dyskusji. Główny nacisk kładzie na misję Giotto, która była pierwszą misją przeprowadzoną przez ESA, oraz na misję ROSETTA, która była pierwszą misją kometarną zrzucającą próbnik na powierzchnię komety. Następnie dzieli uczniów na grupy nie większe niż 4 osoby. Istotne jest, aby dobierać uczniów tak, aby każdy miał przydzielone zadanie, któremu sprostą – łatwe zadanie dla osób niezainteresowanych, trudniejsze, bardziej złożone, dla uczniów zainteresowanych astronomią lub inżynierią. Projekt ma być sukcesem dla każdego ucznia. Każda grupa zbiera informacje o wybranej przez nauczyciela kometarnej sondzie kosmicznej (<https://sci.esa.int/web/rosetta/-/54343-missions-to-comets>), a następnie przygotowuje na ten temat prezentację w dowolnej formie: plakat, prezentacja multimedialna, model z wykładem, itp. Całe przygotowania odbywają się pod nadzorem nauczyciela. Uczniowie w każdej chwili mogą swój projekt konsultować z nauczycielem.

Faza podsumowująca:

Uczniowie prezentują swoje prace na dniach otwartych dla rodziców, Dniu Fizyki w szkole, lub innym wydarzeniu szkolnym.

Praca domowa:

Zadania sprawdzające z tego e-materiału.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Multimedium uczniowie oglądają samodzielnie w domu.