

Chcemy również uczestniczyć w bieżących wydarzeniach astronomicznych tj. zakrycie planet i gwiazd przez tarczę Księżyca, koniunkcje planet, zaćmienia Księżyca. Naszym celem jest zainteresowanie młodzieży astronomią, astrofizyką i fizyką, poszerzenie wiedzy astronomicznej, rozbudzenie wyobraźni oraz zwiększenie aktywności i samodzielności uczniów. Chcemy to osiągnąć poprzez zajęcia koła astronomicznego, lekcje przyrody, fizyki oraz pojedyncze spotkania w obserwatorium przy teleskopie. Zajęciami o tematyce astronomicznej planujemy objąć wszystkich uczniów szkoły – w klasach I na lekcjach fizyki, w klasach II i III humanistycznych na lekcjach przyrody, w klasach matematycznych i przyrodniczych na lekcjach fizyki i kole astronomicznym. W zakończonym właśnie roku szkolnym wszystkie klasy odwiedziły obserwatorium i zapoznali się z obsługą teleskopu oraz dokonali pierwszych, w tym wieczornych, obserwacji. Ponadto od lat współpracujemy z Gimnazjum nr 6 (obecnie Szkoła Podstawowa nr 14 w Płocku). Jego uczniowie, którzy przychodzą do naszej szkoły na zajęcia dodatkowe, nadal będą mogli uczestniczyć w proponowanych obserwacjach. Jesteśmy też otwarci na współpracę z innymi szkołami i osobami indywidualnymi (organizowaliśmy na przykład pokazy w ramach Dni Historii Płocka dla szerokiej grupy zainteresowanych turystów).



Dzięki Funduszowi Grantowemu dla Płocka Towarzystwo Małachowiaków i Liceum Ogólnokształcące im. Marsz. St. Małachowskiego w Płocku zorganizowały również sierpniowe zajęcia dla zainteresowanych astronomią uczniów w wieku od 14 do 16 lat zameldowanych w Płocku. Każda z czterech dziesięcioosobowych grup wzięła udział w jednodniowych warsztatach w obserwatorium astronomicznym pod nazwą „Wakacje z gwiazdami”. Nasza propozycja spotkała się z dużym zainteresowaniem mieszkańców. To nas niezwykle cieszy, bo jak mówi przysłowie – „czym skorupka za młodu nasiąknie, tym na starość trąci”.

Niebo jakie jest, każdy widzi... ale czy będzie to dla niego tylko zbiór kropek na czarnym tle czy coś znacznie bardziej fascynującego? – chcielibyśmy, żeby każdy obserwujący zdawał sobie sprawę z tego, co widzi.

Kontakt w sprawie zajęć dla uczniów w obserwatorium: tel. 24 366-66-00 tel. 24 366-36-00; sekretariat@malachowianka.edu.pl

**Grzegorz KAMIŃSKI** jest nauczycielem fizyki i informatyki w Liceum Ogólnokształcącym im. Marszałka Stanisława Małachowskiego w Płocku.  
fot. Tomasz Niestuchowski



## Kometa w szkole

Ryszard GABRYSZEWSKI, Paweł Z. GROCHOWALSKI, Małgorzata KRÓLIKOWSKA-SOŁTAN

### Jak dawniej postrzegano komety?

Zjawiska astronomiczne fascynują od tysięcy lat. Ludzie od zarania dziejów starali się zgłębić powody ruchu planet na tle gwiazd, dociec przyczyn zmian wyglądu tarczy Księżyca, pojąć naturę zaćmień Słońca i Księżyca, czy zrozumieć fenomen nagłych pojawień się „gwiazd z warkoczami” i zrozumieć dlaczego tak niezwykle wyglądają.

Jednakże dopiero w czasach nowożytnych nastąpił zasadniczy postęp w zgłębianiu fizycznej natury komet i ich pochodzenia, ruchu na sferze niebieskiej, budowy fizycznej czy składu chemicznego. Wcześniej, jedynie nieliczni filozofowie, na przykład Arystoteles (384-322 p.n.e.), próbowali tłumaczyć zjawiska pojawień komet na gruncie fizyki, bez odnoszenia się do zjawisk nadprzyrodzonych. Sposób nienaukowego opisywania komet mógł być pokłosiem wierzeń ludów prehistorycznych, dla których Wszechświat był nieprzyjaznym miejscem złych mocy. Do takich interpretacji świetnie nadawały się komety, gdyż wyróżniały się na tle innych ciał i zjawisk astronomicznych:

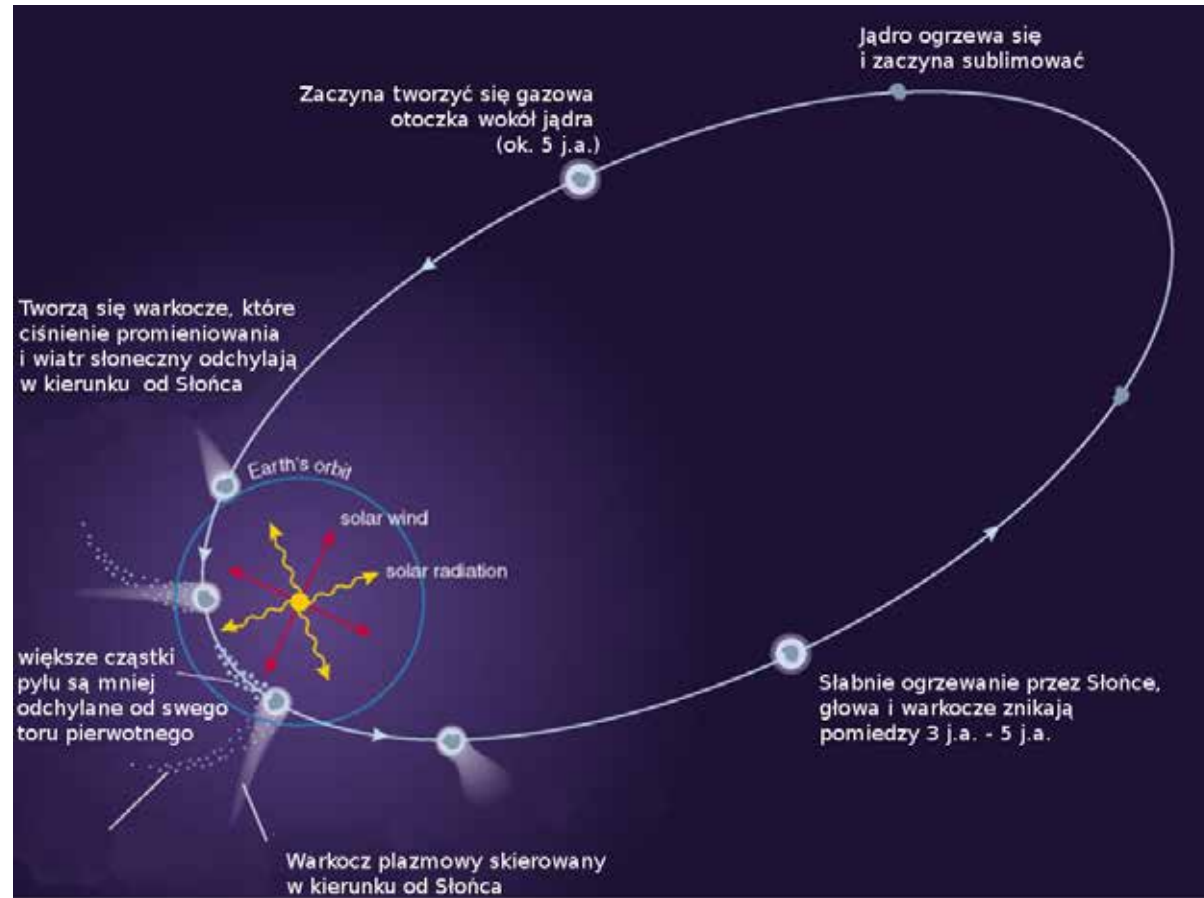
- ukazywały się niespodziewanie, gwałtownie jaśniały i równie szybko potrafiły zniknąć z niebosktonu – nie można było przewidzieć ich pojawień,
- kierunki i prędkości ich ruchów na sferze były odmienne od ruchów planet, inne przy każdym pojawieniu,

- posiadały warkocze rozciągające się nieraz na pół sfery niebieskiej (90 stopni), co czyniło je największymi zjawiskami na niebosktonie, czasami trwającymi tylko przez kilka dni, czasami przez tygodnie,
- każda z komet inaczej wyglądała.

Nic więc dziwnego, że pojawienie się za każdym razem odmiennej „gwiazdy z warkoczem” chętnie było interpretowane przez kaptanów czy astrologów, utrwalając tym samym stare przesady i zabobony. Niemal do XVI wieku w nagłym pojawieniu się komety na niebie doszukiwano się dobrych albo złych znaków zsyłanych ludziom przez bogów. W Europie dominowały przepowiednie zwiastujące ludziom nadchodzące klęski i nieszczęścia jak wojny, śmierć władcy, głód, itp.

### Jak się poruszają?

Pierwsze zasadnicze zmiany w postrzeganiu natury komet nastąpiły niecałe 400 lat temu za sprawą obserwacji komety z 1577 roku. Stosując metodę paralaksy wyznaczania odległości, duński astronom, Tycho de Brahe (1546-1601) prawidłowo ocenił odległość tego ciała od Ziemi. Odległość ta - wielokrotnie większa niż odległość Księżyca od Ziemi - wskazała, że komety nie są pochodzenia ziemskiego, ale są oddalonymi od naszej planety obiektami niebieskimi. Jednak dopiero prace angielskiego astronoma i matematyka, Edmonda Halley'a (1656-1742) pozwoliły wyjaśnić, w potowie



Ewolucja zjawiska komety w różnych odległościach jądra od Słońca.  
<https://spaceplace.nasa.gov/comet-quest/en/>

XVIII wieku, ich ruch na niebie. Halley, wykorzystując teorię grawitacji Izaaka Newtona (1643-1727), pokazał, że komety - podobnie jak planety - poruszają się wokół Słońca, ale ich orbity są zupełnie inne niż planet, gdyż są znacznie bardziej eliptyczne. Kometa, której ruch badał Halley przewidując jej powtórne przyjście w okolice Słońca stała się zaś pierwszą znaną kometą krótkookresową i dziś oznaczana jest jako 1P/Halley.

Wśród klasy komet krótkookresowych wyróżniamy dziś bardzo dynamiczną grupę tzw. komet z rodziny Jowisza, które w swoim aphelium (punkt na orbicie położony najdalej od Słońca), rzadziej perihelium (punkt orbity najbliższy naszej dziennej gwiazdy) zbliżają się do orbity Jowisza. Dlatego ich tor ruchu wokół Słońca może być przez pole grawitacyjne tej największej planety naszego Układu poważnie zmieniany. Komety krótkookresowe poruszają się wokół Słońca (ściślej barycentrum Układu Słonecznego) po orbitach, których

płaszczyzny są zwykle nachylone do płaszczyzny ekliptyki pod niewielkimi kątami.

### Skąd do nas przychodzą?

Aktualne dziś teorie pochodzenia komet są jeszcze młodsze - mają zaledwie 70 lat. Kierując się wcześniejszymi badaniami dynamiki komet, w 1943 roku Kenneth Edgeworth (1880-1972) i w 1951 roku Gerard Kuiper (1905-1973) niezależnie zaproponowali istnienie dysku składającego się z ogromnej liczby (10<sup>12</sup>-10<sup>13</sup>) niewielkich ciał lodowo-pyłowych w obszarze poza orbitą Neptuna, będących pozostałościami pierwotnego materiału, z którego powstał Układ Słoneczny. Obszar ten nazywany jest dziś Pasem Kuipera lub Edgewortha-Kuipera, rozciąga się do ok. 50 jednostek astronomicznych od Słońca (1 jednostka astronomiczna to średnia odległość Ziemi od Słońca) i bardzo często mylnie identyfikowany jest z granicą Układu Słonecznego. Tymczasem można jedynie powiedzieć, że jego zewnętrzny brzeg raczej wskazuje granicę układu

planetarnego, czyli pas ten okala obszar, gdzie w istotny sposób planety mogą w krótkich skalach czasowych wpływać na ruch małych obiektów wokół Słońca, takich jak komety i planetoidy.

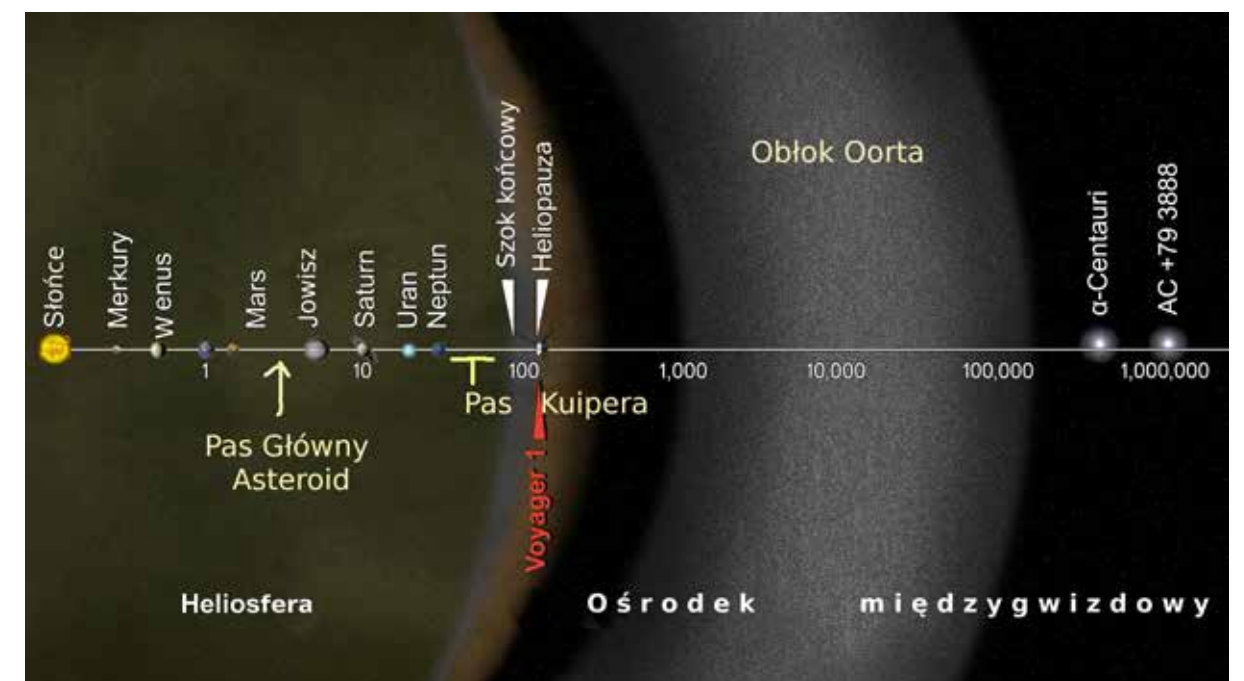
Mniej więcej w tym samym czasie, w 1950 roku holenderski astronom, Jan Oort (1900-1992), bazując na obserwacjach jedynie 19 długookresowych komet, wskazał obszar, z którego mogą przybywać do nas ze wszystkich kierunków na niebie obiekty o całkiem innych własnościach dynamicznych (innych orbitach, a więc i prędkościach, odległościach perihelium etc), tzw. komety jednopojawieniowe. Obszar ten nazywany jest dziś Obłokiem Oorta, i to on raczej wyznacza krańce naszego Układu Słonecznego. Uważa się, że Obłok Oorta w swoich najbardziej zewnętrznych partiach jest sferycznie symetryczny, czyli płaszczyzny orbit przybywających w okolice Słońca komet mogą być nachylone do płaszczyzny ekliptyki pod najróżniejszymi kątami. Komety przychodzące z tego obszaru mają aphelia w odległości od około 5 000 do nawet ponad 100 000 jednostek astronomicznych. Są to obiekty Układu Słonecznego najściślej związane ze Słońcem i dlatego ostatnia liczba jest dobrym przybliżeniem rozmiaru tegoż Układu. To tam, mniej więcej w połowie drogi do najbliższej gwiazdy, kończy się dominujące działanie pola

gravitacyjnego Słońca, a dalej zaczyna dominujący wpływ najbliższych nas gwiazd, np. Alfa Centauri.

### Czym są komety?

Dziś wiemy, że to małe ciała Układu Słonecznego i że powstały, podobnie jak planetoidy, z resztek budulca jaki pozostał po utworzeniu się planet w zaraniu formowania się Układu Planetarnego.

Nasza aktualna wiedza nt budowy fizycznej oraz składu chemicznego komet też tworzona jest dopiero od lat 50-tych XX wieku. W 1950 roku amerykański uczonec, Fred Whipple (1906 - 2004), wysuwa teorię modelu jądra kometarnego jako zlepionca głównie lodów, pyłów i drobnych odłamków skalnych, co prasa spopularyzowała nazywając je brudnymi kulami śniegowymi. Pierwsze obrazy fotograficzne jądra kometarnego zostały wykonane dopiero w 1986 podczas misji do komety Halley'a, Misje do komet (do dziś odbyły się misje do sześciu komet) pokazały, że komety są zwykle nieregularnymi bryłami o typowych rozmiarach rzędu kilku - kilkunastu kilometrów, i składają się z różnych lodów (lodu wodnego, ale także lodu CO, lodu CO<sub>2</sub>, itp). Jądro kometarne zawiera wiele związków, także pochodzenia organicznego, m.in.: metan, aminokwasy, amoniak, związki



Odległości pomiędzy ciałami i obszarami w Układzie Słonecznym w skali logarytmicznej (wartości odległości na osi poziomej podane są w jednostkach astronomicznych)

<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17046>

krzemianowe, metale. Powierzchnie komet są znacząco pokryte ciemnym pyłem dlatego jądra komet tak słabo odbijają promieniowanie słoneczne. Są to najciemniejsze z matych ciał. Gdybyśmy zaś mogli jądro kometarne położyć na wodzie, np.: na jednym z naszych oceanów, pływałoby po jego powierzchni, ponieważ gęstości jąder komet są mniejsze od gęstości wody, co świadczy o ich porowatej strukturze.

### Skąd się biorą warkocz komet?

Komety poruszają się po mocno eliptycznych orbitach, dlatego ich odległość od Słońca bardzo istotnie zmienia się podczas obiegu wokół Słońca, a ściślej wokół barycentrum Układu. Im bliżej Słońca, tym więcej energii słonecznej dociera do powierzchni komety. Gdy kometa dostatecznie zbliży się do Słońca, lody zaczynają sublimować (przemiana fazy stałej bezpośrednio w gazową z pominięciem ciekłej). Wyzwolone gazy unoszą ze sobą cząstki pyłów tworząc otoczkę gazowo-pyłową nazywaną komą. Koma kometarna świeci jasno i ma tak duże rozmiary, że jądro kometarne, jako ciemne ziarnko piasku, ginie w jej wnętrzu. Cząsteczki gazu są jonizowane wskutek oddziaływania z wiatrem i promieniowaniem słonecznym. Lekkie, zjonizowane cząsteczki są unoszone przez wiatr słoneczny i pole magnetyczne tworząc wąski i skierowany w kierunku odslonecznym warkocz – nazywamy go warkoczem jonowym lub plazmowym. Warkocz ten ma zwykle inną barwę niż światło słoneczne. Gdyby kometa się nie poruszała względem Słońca to ciśnienie promieniowania słonecznego – działające zawsze w kierunku od Słońca – powodowałoby powstanie warkocza pyłowego też dokładnie w kierunku odslonecznym. Jednakże złożenie prędkości wynikające z ruchu komety wokół barycentrum Układu i ciśnienia promieniowania – które na dodatek jeszcze silniej działa na mniejsze i mniej masywne cząstki pyłu (a stabilniej na większe i bardziej masywne) – powoduje wachlarzowate rozproszenie warkocza pyłowego i jego pewne zakrzywienie w kierunku przeciwnym do ruchu komety. Warkocz pyłowy świeci, gdyż odbija światło słoneczne. A jego barwa

widziana gołym okiem jest podobna do koloru tarczy słonecznej.

### Pokaz tworzenia sublimującego jądra komety

W warunkach szkolnych bez problemu można pokazać jak zachowuje się jądro kometarne w przestrzeni kosmicznej, a nawet pokazać jak tworzy się koma i warkocz kometarne. Pierwszym punktem powinno być zgromadzenie niezbędnych składników:

- nie mniej niż 5 kg suchego lodu (jeśli zostanie zakupiony dzień wcześniej, co najmniej połowa nam wysublimuje),
- duży kubek popiołu (ok. 220 - 250 ml, czyli trochę więcej niż plastikowy kubek, najlepszy jest popiół z węgla, przebrany z większych zanieczyszczeń, ale z pozostawionymi kawałkami żużlu),
- opakowanie amoniaku spożywczego,
- niewielka ilość soku malinowego lub innego (ale w butelce 'jak ze sklepu').

Suchy lód (czyli lód CO<sub>2</sub>) o temperaturze około -70 stopni Celsjusza, to główny składnik naszego jądra kometarnego. Tego lodu musimy dać dużo do naszego pokazu, by w warunkach ziemskich uzyskać mieszaninę lodów wodnego i CO<sub>2</sub> oraz, by pokazać potem jak przebiega sublimacja lodów z powierzchni komety. Oczywiście z powodu dużego gradientu temperatury pomiędzy otoczeniem a modelem komety przebieg zjawiska będzie znacznie bardziej uwypuklony niż to ma miejsce w przestrzeni kosmicznej. W prawdziwych kometach najwięcej jest lodu wodnego.

Popiół z kawałkami żużlu będzie substytutem pyłów oraz fragmentów skał zatopionych w lodzie. Amoniak wraz z sokiem malinowym to ersatz związków nieorganicznych i organicznych, pozwolą uczestnikom pokazu poczuć zapach komety.

Suchy lód powinniśmy kupić maksymalnie dzień wcześniej - około połowy nam wysublimuje nawet jeśli będziemy go przechowywać w lodówce. Dodatkowo do pokazu będą potrzebne:

- 2-3 miski o średnicy 30 cm, 20 cm i 15 cm,
- dwie pary rękawiczek bawełnianych gumowanych,
- dwie pary gogli plastikowych,
- dwa białe fartuchy laboratoryjne (lub lekarskie),
- drewniana szpatułka,
- młotek,
- metalowa lub plastikowa łyżka,
- plastikowy kubek lub kubki,
- metalowe wiadro średniej wielkości.

Przydatne mogą być także podstawki (3 sztuki) pod donice o średnicy 50 cm, folia do przykrycia stołu i papierowe ręczniki.

Zanim przystąpimy do pokazu należy przygotować swoje stanowisko, czyli przykryć stół folią, położyć na nim 3 podstawki jedna na drugiej, miskę

o średnicy 30 cm, miskę o średnicy 15 cm, w której znajduje się woda z kranu oraz plastikowy kubek. Pozostałe rzeczy znajdują się pod stołem, ukryte przed wzrokiem uczniów, ułożone w grupach tak, aby był do nich łatwy dostęp. Ma to ogromne znaczenie dla prawidłowo przeprowadzonego pokazu. W odpowiednim momencie rzeczy te będą wyjmowane i dodawane do pokazu.

Zajęcia najlepiej prowadzić w plenerze, blisko źródła wody. Możemy zacząć od rozpoczęcia przygotowań do pokazu, zanim jednak zaczniemy tworzyć komety warto poświęcić 10-15 minut, aby opowiedzieć młodzieży czym są komety, skąd do nas przychodzą, jaka jest nasza obecna wiedza na ich temat, jak ludzie postrzegali je przez wieki. Pamiętajmy, że nie przykujemy uwagi młodzieży samą opowieścią, dlatego warto mieć ze sobą notebook lub tablet, aby pokazać ilustracje. Sugerujemy zapoznanie się z prezentacją "Komety i misja Rosetta. Część I": [http://ssdp.cbk.waw.pl/popularnie/67P\\_Rosetta\\_piknik\\_naukowy\\_maj2014.pdf](http://ssdp.cbk.waw.pl/popularnie/67P_Rosetta_piknik_naukowy_maj2014.pdf)



Pokaz kometarny w wykonaniu Pawła Z. Grochowalskiego podczas pikniku naukowego w jednej z warszawskich szkół  
fot. R. Gabryszewski, 2018



„Sublimujące jądro kometarne” uzyskane przez autorów tekstu podczas pikniku naukowego w Centrum Badań Kosmicznych PAN  
fot. R. Gabryszewski, 2014

Cały pokaz kometarny polega na inteligentnej grze z odbiorcami. Zaczynamy od wybrania asystenta lub asystentki spośród uczniów. Osoba wybrana spośród młodzieży budzi zazwyczaj większe emocje, pomaga w zaangażowaniu się pozostałych uczniów. Wspominamy młodym ludziom o możliwości pobrudzenia się, prosimy także uczestników o odsunięcie się od miejsca działania z uwagi na bezpieczeństwo.

Następnie prosimy młodzież o przypomnienie składowych jądra kometarnego oraz o elementy, które je emulują. I zaczynamy z dużą pomocą asystenta mieszać poszczególne składniki. Do większej z misek wlewamy 1250-1500 ml wody. Następnie dodajemy 4-5 czubatych łyżek popiołu zmieszanego z drobnym żużlem. Do tych czynności też możemy zapraszać kolejne osoby z publiczności. Następnie dodajemy kolejny składnik: amoniak, nie więcej niż 2-3 łyżeczki do herbaty. W kometach występują także podstawowe cegietki życia – aminokwasy, z których zbudowane są białka oraz cukry proste. W naszym przypadku do ich symulacji

użyjemy niewielkiej ilości soku malinowego: 1-2 łyżeczek do herbaty maksimum. Następnym krokiem jest wymieszanie wszystkich składników.

W czasie, kiedy asystent pokazuje zainteresowanemu jak wygląda „zupa kometarna”, prowadzący przygotowuje kolejne urządzenie czyli metalowe wiadro, do którego zostaną wrzucone kostki suchego lodu. Dla przypomnienia jest to zamrożony pod wysokim ciśnieniem dwutlenek węgla. Ponieważ temperatura suchego lodu jest bardzo niska (około -70 stopni C), należy obchodzić się z nim ostrożnie. W tym celu ubieramy siebie i asystenta w bawełniane i gumowane rękawice oraz zakładamy gogle w celu ostrożności oczu przed drobnymi odłamkami suchego lodu. Następnie wraz z asystentem wrzucamy ok. 2,0-2,5 kg suchego lodu do wiadra. Przy pomocy młotka trzeba rozbić kostki lodu na znacznie mniejsze składowe. Początkowo robi to asystent, a prowadzący zachęca publiczność do dopingowania. Rozbijanie kostek lodu kończy prowadzący.

Przed nami najciekawsza, ale i najtrudniejsza część pokazu. Asystent powoli przesypuje suchy lód z wiadra do miski z „zupą kometarną”, a prowadzący miesza oba składniki aż do wycucia mocnego oporu. Wtedy przerzuca cały materiał z większej miski (30 cm) do mniejszej (20 cm) i ugniata go. Następnie odwracamy miskę na podstawkę pod donicę. Miskę ‘obstukujemy’ dłońmi, by łatwiej wyjąć gotową bryłę.

W trakcie przesypania suchego lodu do miski z wodą pojawiają się gęste opary dwutlenku węgla, które malowniczo opadają na stół, a ze stołu na podłogę. To dobry moment na robienie zdjęć i filmów.

Jeśli wszystkie składniki zostały dobrze i szybko wymieszane, kometa jest gotowa. Może się zdarzyć, że zamiast jednej zestalonej bryły mamy kilka i trochę ‘gruzu lodowego’. Nie załamujemy się – prawdziwe komety też są kruche. Warto do dobrze skomentować i do dalszego omawiania wziąć największy kawałek.

Aby zachować środki bezpieczeństwa, dotykanie przez uczestników komety powinno trwać bardzo krótko (poniżej 2 sekund) z uwagi na niską temperaturę suchego lodu. Umieszczamy komety w takim miejscu, aby wszyscy mogli śledzić procesy topnienia i sublimacji. Tę ostatnią wzmacnia dmuchanie, można też użyć suszarki do włosów, by pokazać formowanie się warkoczy kometarnych.

Warto obejrzeć bryłę naszej ‘ziemskiej komety’ po godzinie a nawet dwóch. I zachęcić uczniów do opisanie jak zmieniła się jej powierzchnia (erozja powierzchni).

I to cały pokaz. Za pierwszym razem zajmie prowadzącemu ok. 30-40 minut, jednak 2-3 pokazy wystarczą, aby dojść do wprawy i wykonać go w ciągu ok. 15-30 minut, w zależności od liczby

i czasu interakcji z młodzieżą. Powiązanie przekazywania wiedzy z pokazem oraz materiałem multimedialnym pozwoli nauczycielowi zdobyć uwagę uczniów, a to na pewno będzie mieć przełożenie nie tylko na ilość i jakość zapamiętanych szczegółów, ale także zrozumienie przekazywanej wiedzy.

Materiały pomocnicze znajdują się na stronie Centrum Badań Kosmicznych: [http://ssdp.cbk.waw.pl/popularnie/ssdp\\_komety\\_popularnie.html](http://ssdp.cbk.waw.pl/popularnie/ssdp_komety_popularnie.html)

**dr Ryszard GABRYSZEWSKI** jest astronomem, doktorem nauk fizycznych w dziedzinie geofizyki. Pracuje w Zakładzie Dynamiki Układu Słonecznego i Planetologii Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie, prowadzi badania ewolucji matych ciał Układu Słonecznego. Jest autorem ponad 20 recenzowanych prac naukowych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. Szef projektów międzynarodowych realizowanych w ramach programów Horyzont 2020 oraz ERASMUS+. Od 2013 roku jest prezesem zarządu Fundacji Edukacji Astronomicznej wspierającej nauczanie przedmiotów ścisłych w szkołach.

**Paweł Z. GROCHOWALSKI** jest historykiem oraz bibliotekarzem, kierownikiem biblioteki Centrum Badań Kosmicznych PAN, współpracownikiem czasopisma i portalu Urania – Postępy Astronomii, współpracownikiem Fundacji Edukacji Astronomicznej, koordynatorem, organizatorem oraz współorganizatorem eventów i konkursów związanych z Kosmosem i astronomią, popularyzatorem nauki.

**dr Małgorzata KRÓLIKOWSKA-SOLTAN**, prof. CBK PAN jest astronomem specjalizującym się w badaniach Układu Słonecznego, w szczególności w dynamice matych ciał (komet i planetoid). Pracuje w Centrum Badań Kosmicznych na stanowisku profesora, gdzie obecnie jest kierownikiem Zespołu Dynamiki Układu Słonecznego i Planetologii. Czynnie zajmuje się popularyzacją astronomii w Polsce, jest autorką wielu artykułów z astronomii wydanych w polskich czasopiśmie popularno-naukowych, współautorka m.in. „Słownika szkolnego. Astronomia” (WSiP) i hasła do encyklopedii szkolnej „Fizyka z astronomią” (PWN), a także wielu tłumaczy astronomicznych książek popularnonaukowych.