

BIBLIOTEK FIZYCZNO-ASTRONOMICINA

St. Szeligowski

KO METY

I

METEORY



PAŃSTWOWE ZAKŁADY WYDAWNICTW SZKOLNYCH
WARSZAWA 1947

ST. SZELIGOWSKI

KOMETY
I
METEORY



PAŃSTWOWE ZAKŁADY WYDAWNICTW SZKOLNYCH
WARSZAWA — 1947

BIBLIOTEKA FIZYCZNO-ASTRONOMICZNA
pod redakcją Stefana Bąkowskiego

Zatwierdzone do użytku szkolnego pismem
Ministerstwa Oświaty Nr VI Oc.— 998/47,
z dnia 29 czerwca 1947 r. jako książka
polecona do bibliotek licealnych.

Podpisano do druku dnia 4. X. 1947 r.

Nakład 10.000 egz.

Ark. druk.: 2⁵/₄

Zarządź. 240

Zamówienie Nr 1512

3304 Drukarnia św. Wojciecha pod Zarządem Państwowym w Poznaniu. K-12023

Otoczający nas wszechświat kryje w swych głębinach wiele zjawisk, które nas, przyzwyczajonych do ziemskich stosunków i wymiarów, oszałamiają i przytłaczają swym ogromem i potęgą. Życie nasze w temperaturze poniżej -50°C lub powyżej $+50^{\circ}\text{C}$ byłoby nie do zniesienia i tych granic nie możemy bez złych skutków dla nas przekroczyć. A czymże są te 100°C wobec dziesiątków i setek tysięcy stopni, jakie napotykamy we wszechświecie, nie mówiąc już o wnętrzach gwiazd, gdzie temperatura przekracza 20 milionów stopni? Drobiazg bez znaczenia. Podobnie jest i z ciśnieniami. Żyjąc na dnie oceanu powietrznego jesteśmy przystosowani do ciśnienia około jednej atmosfery i przekroczenie tej granicy w dół lub w górę jest dla nas śmiertelne; a chociaż w naszych laboratoriach i fabrykach umiemy wytwarzać ciśnienia, wynoszące dziesiątki tysięcy atmosfer, lub próżnie do jednodziesięciomilionowej atmosfery, to jednak wszechświat rozporządza materią o takim stopniu rozrzedzenia, jakiego my nawet w naszych najlepszych rurach próżniowych nie możemy osiągnąć; a z drugiej strona we wnętrzu gwiazd istnieją ciśnienia wynoszące ..miliony atmosfer. Podobnych przykładów można podać więcej.

Analogiczne zjawisko spotykamy również i w dziedzinie różnorodności ciał niebieskich. Fotografia zastosowana do astronomii odkryła całe bogactwo nowych form i układów gwiazdnych, których istnienia dawniej nie przypuszczano, a które i dziś ogromnej większości ludzi są prawie nieznanne. Powierzchnia naszego Księżyca, Jowisz ze swoim układem księżyców, Saturn z tajemniczym pierścieniem, oglądane przez lunetę, choćby niewielką, pozostawiają niezatarte wrażenie, podobnie fotografie

mglawic spiralnych czy części drogi mleczej. Nie każdemu jest dane zapoznać się choćby powierzchownie z tymi zjawiskami, a jeszcze mniej wnikać w ich istotę. Istnieje wszakże, jeden rodzaj ciał niebieskich, który pojawieniem się swoim musi każdego jeżeli już nie porwać swoją tajemniczością, to przynajmniej poruszyć głębiej i zainteresować. Są to komety.

Postarajmy się zrozumieć położenie człowieka stojącego na dość niskim poziomie kultury, na przykład dzikiego mieszkańca Centralnej Afryki czy Polinezyjczyka, czy choćby nawet rolnika, mieszczanina lub kupca z wieku XVII. Byli oni dość dobrze obeznani z widokiem nieba, regularnością kolejnych zmian dnia i nocy, faz księżyca, pór roku itp. Sklepienie niebieskie było dla nich czymś stałym, niewzruszonym, było firmamentem. Tymczasem zupełnie nieoczekiwanie na tym sklepieniu ukazuje się kometa, która niezwykłością postaci i osobliwością swego ruchu wyrzucić musiała niesłychanie silne wrażenie na umysł tego bądź co bądź prymitywnego człowieka. Groza i strach, wywołane pojawieniem się komety, były spotęgowane jeszcze rzadkością tego nadzwyczajnego zjawiska, a wieść o ukazaniu się tego tajemniczego ciała niebieskiego, przekazywana z pokolenia w pokolenie, tę obawę jeszcze powiększała.

' c

Toteż nic dziwnego, że komety już od dawna budziły zainteresowanie tak laików, jak i uczonych. Jeszcze 100 lat temu uważano pojawienie się komety za przepowiednię różnych klęsk, jak głód, zaraza lub wojna, i dopiero badania naukowe wykazały, czym są komety. A choć jeszcze nie wszystkie zagadnienia dotyczące komet są rozwiązane, to jednak pojawienie się nowej komety nie budzi w nas przerażenia, lecz daje nam sposobność do wyjaśnienia nie rozwiązanych jeszcze problemów jak i poznania nowych faktów.

KOMETRY.

Nazwa komety. Nazwa „kometa” pochodzi od greckiego wyrazu „korne”, co znaczy włos, gdyż starożytni upatrywali w kometach podobieństwo do głowy z rozpuszczonymi włosami. Takie wrażenie robią komety z warkoczami, lecz dziś znamy dużo komet nie posiadających warkoczy, które są raczej podobne do mgławic i odróżnić je można tylko dzięki ich szybkiemu ruchowi na tle gwiazd.

Pojawienie się komety. Zjawienie się nowej komety jest nagłe i nieoczekiwane. Mówimy tu o kometach zupełnie nowych, gdyż, jak się potem przekonamy, istnieje wiele komet tak zwanych okresowych, dla których możemy dokładnie podać datę i miejsce pojawienia się na niebie. Taka nowa kometa pojawia się niespodziewanie i gdyby nie specjaliści-astronomowie albo jeszcze częściej amatorzy-astronomowie, którzy specjalnie zajmują się poszukiwaniem na niebie nowych komet, pojawienie się jej uszłoby naszej uwadze. Fig. 1 pokazuje nam, jak wygląda taka nowa kometa — jest to po prostu

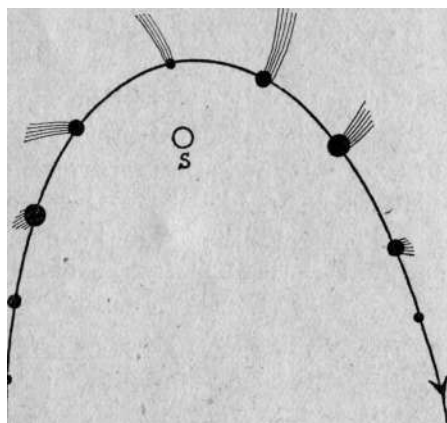


Fig. 1. Kometa Holmesa 1893. Odległość od Słońca 300000 000 km, średnica 400000 km

mała i słaba mgiełka poruszająca się dość szybko na tle gwiazd. W przeważnej liczbie przypadków kometa nie osiąga znacznej

jasności i po pewnym czasie, zakreśliwszy większy lub mniejszy łuk na sklepieniu niebieskim, stopniowo słabnie, a wreszcie znika; jest to tak zwana kometa teleskopowa.

Od czasu do czasu — na ogół jednak dość rzadko — zdarza się, że kometa w miarę zbliżania się do Słońca poczyną świecić coraz jaśniej. W środku tej mgiełki zwanej głową, pojawia się



jaśniejsze jądro, czasami mające wygląd gwiazdy, a w jakiś czas potem zaczyna się rozwijać jasny warkocz, zawsze odwrócony od Słońca i nieco zakrzywiony (fig. 2). Warkocz ten, jak z załączonych fotografii wynika, prawie nigdy nie świeci równym światłem. Składa się on jakby z poszczególnych strug i strumieni światła, nieregularnych i bezustan-

Fig. 2. Tworzenie się warkocza komet

nie zmieniających się. Zdjęcia fotograficzne tej sa-

mej komety wykonane w odstępie kilkunastu godzin wykazują zupełną zmianę budowy i układu tych smug w warkoczu.

Największą jasność osiąga kometa w krótkim czasie po przejściu punktu przysłonecznego (tak nazywamy miejsce, w którym kometa znajduje się najbliżej Słońca). Potem, w miarę oddalania się od Słońca, kometa słabnie coraz bardziej, warkocz jej staje się coraz to krótszy, zostaje tylko jasna plamka, a i ta powoli traci na jasności, aż wreszcie znika zupełnie, nawet w najpotężniejszych lunetach.

Okres widzialności komety jest na ogół dość różny i wynosi od kilku tygodni do kilkunastu miesięcy, a w wyjątkowych wypadkach i więcej. Tak na przykład kometa z r. 1889 była widoczna prawie przez 2,5 lat.

Ilość komet. Na ogół mogłoby się wydawać, że ilość komet jest niewielka, tak rzadko przecież słyszymy, najczęściej w kronice dziennika, o pojawieniu się nowej komety. Tymczasem w rzeczywistości komet jest dużo, ponieważ jednak większość z nich jest tak słaba, że może być obserwowana tylko przez duże lunety, przeto rzadko dowiadują się o nich. szersze rzesze publiczności i dlatego uchodzą naszej uwadze.

Rocznie ukazuje się mniej więcej od 5 do 10 komet na niebie, rzadko mniej, i lata w których liczba komet wynosi jedną lub dwie, należą do wyjątków. Jak wykazały poszukiwania w dawnych kronikach i zapiskach do roku 1609 — w tym roku Galileusz po raz pierwszy zastosował do obserwacji astronomicznych lunetę — obserwowano około 400 komet. Naturalnie komety te musiały być na tyle jasne, że można je było widzieć gołym okiem. Natomiast od r. 1609 do r. 1925 odkryto około 500 komet, a więc bez porównania więcej niż w czasach dawniejszych, co się tym tłumaczy, że użycie lunet w ostatnich latach ogromnie pomnożyło ilość nowoodkrytych komet, najczęściej słabych, teleskopowych. Nie są to wszystko nowe komety, większość z nich to tak zwane komety okresowe, powracające w regularnych odstępach czasu w pobliże Słońca. O tych kometach okresowych będziemy mówili jeszcze później.

Ale i to nie są jeszcze wszystkie komety. Jak się później przekonamy, obserwujemy tylko te komety, które podchodzą dość blisko do Ziemi. Tymczasem nasz układ planetarny rozciąga się o wiele dalej, aż po orbitę Plutona. Otóż najprawdopodobniej w tych dalekich przestrzeniach międzyplanetarnych również krążą komety, lecz są one tak daleko od Ziemi, że nawet najpotężniejsze lunety nie mogą zdradzić nam ich obecności. Ponieważ te dalsze przestrzenie planetarne są znacznie większe niż obszar zajęty drogą Ziemi około Słońca, to z tego wynika, że ogółem liczba komet odwiedzających nasz cały układ planetarny jest większa, niż moglibyśmy się spodziewać.

Niewiele jest natomiast komet tak jasnych, że z łatwością mogą być zaobserwowane okiem nie uzbrojonym w szkła.

W wieku XIX było takich komet zaledwie 5, a w XX dotychczas 3 : w r. 1901 (widziana tylko na niebie południowym), w r. 1910 i kometa Halleya (w r. 1909 — 1910).

Drogi komet. W dawnych wiekach panowało przekonanie, że komety są to jakieś opary atmosferyczne unoszące się z powierzchni Ziemi, które w górze zapalają się i płonąć unoszą się

w powietrzu. Stąd to po części pochodziły różne przesady o kometach jako zwiastunach wszelkich nieszczęść, zaraz, klęsk i wojen.

Dopiero w wieku XVI astronom duński Tycho de Brahe stwierdził na podstawie swoich obserwacji, że komety **to** nie zjawiska atmosferyczne, lecz ciała niebieskie, poruszające się w przestrzeni dalej aniżeli nasz Księżyc. Po Tycho de Brahe przyszli inni astronomowie: Halley, Newton, Łapiące, Olbers itd., którzy' podali metody matematyczne, pozwalające z obserwacji komety na sklepieniu niebieskim wyznaczyć jej drogę rzeczywistą w przestrzeni.

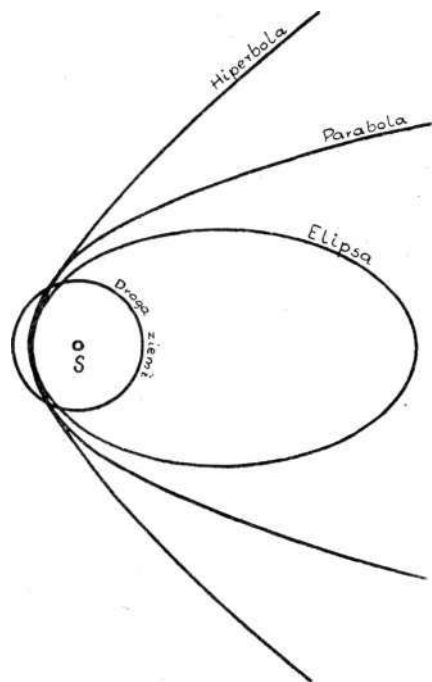


Fig. 3. Elipsa, parabola, hiperbola

Zeby zrozumieć, o co tu chodzi, musimy sobie przypomnieć pewne rzeczy z geometrii. Fig. 3 przedstawia nam trzy krzywe: elipsę, parabolę i hiperbolę. Elipsa jest krzywą zamkniętą, to znaczy, jeżeli po niej krąży jakieś ciało, to będzie ją ono obiegało **periodycznie**. Natomiast parabola i hiperbola są to krzywe otwarte, to znaczy, gałęzie krzywych rozchodzą się, jak **to powiadamy**, w nieskończoność i ciało niebieskie **poruszające**

się po paraboli czy hiperboli już drugi raz w to samo miejsce na krzywej nie wróci. Przyszło z olbrzymich dali i odejdzie w nieskończoność.

Po takich krzywych, tj. elipsach, parabolach i hiperbolach, poruszają się komety; zapytajmy jednak, co zmusza je do poruszania się po takich drogach. Odpowiedź na to pytanie dał nam genialny uczony angielski, Izaak Newton (1643 — 1727). Wykazał on niezbicie, iż siłą, zmuszającą komety do poruszania się po takich a nie innych drogach, jest ta sama siła ciężenia powszechnego, wywierana przez Słońce na komętę, która zmusza naszą Ziemię wraz z innymi planetami do krążenia naokoło Słońca i pod której wpływem wszystkie ciała spadają na Ziemię. Na naszej figurze 3 musimy sobie wyobrazić w punkcie S umieszczone Słońce, siedzibę tej siły przyciągającej (inaczej zwanej grawitacją), pod wpływem której poruszają się wszystkie ciała naszego układu słonecznego i której muszą też podlegać komety.

Sprawa dokładnego wyznaczania drogi komety w przestrzeni jest dla astronomów ogromnie ważna; zupełnie co innego jest w przypadku, gdy kometa porusza się po elipsie, a co innego, gdy biegnie po paraboli lub hiperboli. Jeżeli droga komety jest elipsą, to kometa taka będzie stale krążyła dookoła Słońca i, tak jak Ziemia i inne planety, będzie należała do naszego układu słonecznego — będzie z nim związana na zawsze. Jeżeli natomiast porusza się po paraboli lub hiperboli, to tylko jeden raz zawita do naszego układu słonecznego i obiegwszy naokoło Słońca już więcej do niego nie wróci. W tym drugim wypadku komety byłyby jedynie naszym jednorazowym gościem, a nie stałym członkiem rodziny słonecznej.

Zagadnienie to od dawna zajmowało umysły najwybitniejszych astronomów. Trudność rozstrzygnięcia, po jakiej krzywej porusza się kometa, polega na tym, że wszystkie trzy krzywe, a więc elipsa, parabola, hiperbola, w pobliżu Słońca mają prawie identyczny kształt, czyli, jak powiadamy ściślej, mają prawie tę samą krzywiznę. A tylko na tym krótkim odcinku, jak się w dalszym ciągu przekonamy, możemy obserwować

kometę, przy tym obserwacje komet są na o^oł bez porównania mniej dokładne niż innych ciał niebieskich, a to z powodu ich niewyraźnego kształtu. Toteż w pierwszym przybliżeniu przyjmujemy, że kometa porusza się po paraboli, bo w tym przypadku rachunki są znacznie prostsze. Dopiero kiedy nagromadzimy największą, jaką zdołamy, liczbę obserwacji położzeń komety na sklepieniu niebieskim, możemy przystąpić do wyznaczenia jej ostatecznej drogi. Tylko w niewielu przypadkach otrzymano orbity komet jako elipsy, przeważnie bardzo wydłużone; w większości przypadków drogi komet okazały się parabolami lub nawet hiperbolami. Znaczyłoby to, że tylko niewielka ilość komet należy do rodziny słonecznej — większość to obcy przybysze z przestrzeni międzygwiazdnej.

Zagadnienie rozwiązał niedawno duński astronom E. Stromgren. Żeby jednak zrozumieć jego wynik, musimy wrócić do rozważań o sile przyciągania.

Powiedzieliśmy wyżej, że komety, podobnie jak i wszystkie planety, poruszają się w przestrzeni pod działaniem siły przyciągającej Słońca. I tak jest w istocie. Ale nie tylko Słońce przyciąga komety. W naszym układzie znajdują się też obok Słońca inne ciała, a mianowicie planety. I one też wywierają wpływ przyciągający na komety, jak to udowodnił Newton. Wprawdzie masy planet są drobne w porównaniu z masą Słońca, tak np. masa największej planety, Jowisza, wynosi zaledwie 1/1 000 masy Słońca, ale za to komety mogą zbliżyć się czasami na niewielką odległość do takiej planety, przez co jej działanie przyciągające na komętę potęguje się silnie. To dodatkowe działanie planet na komętę może być czasami tak wielkie, że zmienia zupełnie kształt i rozmiary jej drogi naokoło Słońca. Na szczęście możemy jednak w naszych obliczeniach drogi komety wprowadzić te dodatkowe działania innych planet (te działania nazywamy zaburzającymi lub perturbującymi ruch komety) i uwzględnić ich wpływ. W rezultacie otrzymamy drogę komety taką, jaką ona była, nim się tak zbliżyła do naszego układu słonecznego, że uległa zaburzającemu działaniu planet.

Strómgren dokonał tych żmudnych obliczeń dla całego szeregu komet o drogach hiperbolicznych i przekonał się, że prawie wszystkie (z wyjątkiem dwóch lub trzech) biegły poprzednio po elipsach, co prawda czasami bardzo wydłużonych, a więc w każdym razie po drogach zamkniętych, a dopiero pod wpływem zaburzającego działania planet zmieniły kształt swych dróg, i to czasami bardzo znacznie. W ten sposób udowodnił on, że wszystkie komety, nawet te, które w czasie, gdy były obserwowane, biegły po torach hiperbolicznych, a więc otwartych, poprzednio, nim się zbliżyły do Słońca poruszały się po torach eliptycznych; należą przeto do naszego układu słonecznego.

Komety okresowe. Możemy na ogół przyjąć, że komety biegną zasadniczo po drogach zamkniętych eliptycznych i wskutek tego co jakiś czas powracają w pobliże Słońca. Takie komety nazywamy okresowymi. Elipsy te są czasami ogromnie wydłużone, a w miarę, jak się wydłuża elipsa, wzrasta również czas, jakiego kometa potrzebuje, aby obieć całą elipsę, czyli jej tak zwany okres. Takich komet okresowych znamy dziś **około** 100. Najkrótszy czas obiegu ma kometa Enckego, wynosi on zaledwie 3,3 lat, to znaczy, że co 3,3 lat kometa Enckego powraca w pobliże Słońca. Jeśli zaś chodzi o komety z najdłuższym okresem obiegu, to tutaj natrafimy już na pewne trudności. Znamy komety, których okres obiegu wynosi około 10 000 lat i na pewno nie są to komety z najdłuższymi okresami. Muszą istnieć komety z jeszcze dłuższymi okresami obiegu, lecz dokładne ich wyznaczenie jest prawie niemożliwe, a to dlatego, iż droga takiej komety w pobliżu Słońca nie wiele się różni od paraboli.

Ciekawą grupę komet tworzą komety krótkookresowe, o okresach poniżej 10 lat. Znamy takich komet około 40 i tworzą **one** grupę specjalną, tak zwaną „rodzinę Jowiszową”, gdyż **drogi** wszystkich tych komet znajdują się wewnątrz **drogi Jowisza**. Ponieważ, jak wiemy, Jowisz posiada największą masę ze wszystkich planet, więc te komety są jakby pod jego części-

wą władzą. Wprawdzie zasadniczo krążą one naokoło Słońca i Słońce ma na nie główny wpływ, ale że jednak zbyt blisko podchodzą do Jowisza, więc i ta planeta ma też „coś do powiedzenia”. Istnienie tej „rodziny Jowiszowej” i jej pochodzenie tłumaczy tak zwana „teoria porwania”. Poprzednio te komety biegiły po zupełnie odmiennych drogach, mogły to być nawet bardzo wydłużone elipsy albo hiperbole lub parabole. Przypadek jednak chciał, że w pewnym momencie kometa taka znalazła się zbyt blisko Jowisza i pod jego przemożnym wpływem została zmuszona do zmiany swej drogi naokoło Słońca; zależnie od wzajemnego położenia Jowisza i komety względem Słońca działanie to mogło być dwójakiego rodzaju: przyśpieszające bieg komety lub zwalniające. Jeżeli bieg komety został przyśpieszony, to gdy nawet poruszała się po elipsie, droga jej została zmieniona na hiperbolę lub parabolę i kometa należąca poprzednio do rodziny słonecznej może być z niej wyrzucona na zawsze. Jeżeli natomiast bieg jej został zwolniony, to hiperbola została zmieniona w elipsę, a elipsa wydłużona w elipsę mniej wydłużoną i mieszczącą się całkowicie wewnątrz drogi Jowisza. Kometa została jakby porwana przez Jowisza i zmuszona do krążenia naokoło Słońca po torze podobnym do jego toru.

Naturalnie sąsiedztwo takiej dużej planety nie jest dla komety całkiem bezpieczne. Ponowne zbliżenie się komety do Jowisza grozi nową katastrofą, droga jej może być znowu przekształcona w inną, najczęściej paraboliczną lub hiperboliczną, i kometa, która poprzednio należała do naszego układu słonecznego, zostaje z niego wyrzucona. Takie wypadki zaobserwowano.

Natura fizyczna komet. Poznaliśmy dotychczas tylko stronę zewnętrzną zjawiska, a więc ogólny przebieg zmian jasności i wyglądu komet, jak i drogi, po jakich one biegną. Jest to jednak zbyt mało, aby poznać istotę komet, z czego składają się i jakie procesy fizyczne czy chemiczne w nich się odbywają. Na wiele z tych pytań umiemy już dziś odpowiedzieć, ale

jeszcze nie na wszystkie. Istnieją zagadki dotyczące najważniejszych zjawisk odbywających się w kometach, które oczekują jeszcze rozwiązania.

Pierwsze pytanie, które od razu narzuca się, dotyczy światła, jakim komety świecą, skąd ono pochodzi; następnie, dlaczego warkocze komet zawsze są odwrócone od Słońca; dalej, czemu należy przypisać tak szybkie i gwałtowne zmiany, jakie w kometach zachodzą; w końcu, dlaczego jedne komety posiadają wspaniałe warkocze długości setek milionów kilometrów, a inne zupełnie ich nie posiadają? Zanim jednak odpowiemy w miarę możliwości na te pytania, zajmiemy się najpierw rozmiarami komet i ich poszczególnych części.

Jak na początku wspomnieliśmy, w komecie rozróżniamy trzy części składowe:

1. Głowa (coma), mgiełka, szczególnie z początku dość słaba, o zarysach nie ostrych, na ogół nie wykazująca żadnych śladów struktury.

2. Jądro (nucleus), jasna część centralna głowy, powstająca w jakiś czas po pojawieniu się komety — i to nie zawsze, mająca wygląd gwiazdy; jądro jest umieszczone zazwyczaj

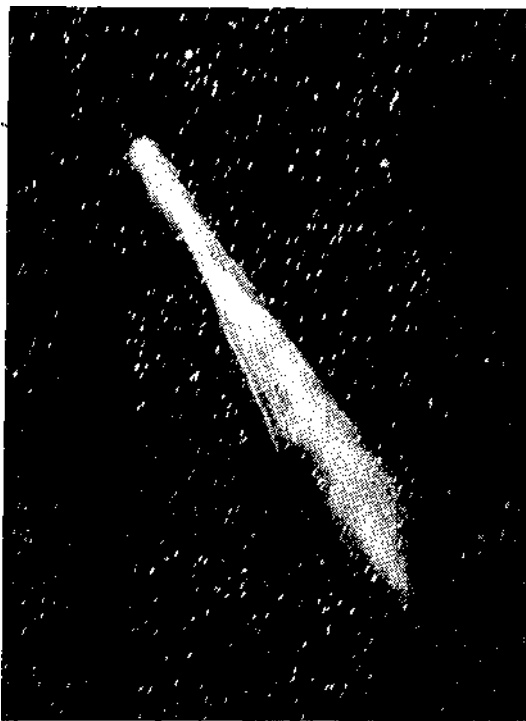


Fig. 4. Kometa Morehouse z r; 1908

centralnie w środku głowy. W pewnych wyjątkowych przypadkach zaobserwowano w głowie komety nie jedno jądro, lecz dwa lub więcej, ale są to przypadki bardzo rzadkie.

3. Warkocz. Najwspanialsza część komety, o ile w ogóle występuje. Posiada bardzo złożoną strukturę. Jak widzimy z fig. 4, występują w nim wyraźnie miejscowe zgęszczenia w formie strug ciągnących się wzdłuż warkocza lub też zgęszczenia w formie węzłów. Wszystkie te nieregularności są ruchome i zmienne, przy czym oddalają się z dość znacznymi szybkościami od głowy komety wzdłuż warkocza.

Głowy niektórych bardzo jasnych komet, gdy te znajdują się dość blisko Słońca, wykazują charakterystyczną strukturę warstwową. Wygląda to tak, jakby jądro komety wyrzucało ze siebie co jakiś czas jasno świecąca materię, układającą się koncentrycznymi warstwami naokoło jądra, głównie w kierunku do Słońca. Jest to jednak stosunkowo dość rzadkie zjawisko, widoczne tylko u niektórych jasnych komet. Zostało ono jeszcze mało zbadane.

Oto są główne części składowe komet. Me są te części bardzo wyraźnie oddzielone od siebie — przejście od głowy komety do jej warkocza jest stopniowe, na ogół jednak te poszczególne części komet mają swoje specjalne cechy fizyczne, dzięki którym powyższy podział nie jest dowolny.

Zapytajmy teraz, jakie są rzeczywiste rozmiary komet i ich poszczególnych części. Wielkość, którą obserwujemy z Ziemi, jest nie tylko zależna od rzeczywistych rozmiarów komet, ale i od ich odległości od Ziemi, a przy warkoczach — i od jego położenia w przestrzeni względem Ziemi. Tę ostatnią zależność łatwo można zrozumieć na przykładzie dymu unoszącego się z komina pędzącej lokomotywy; jeżeli w tej chwili nie ma wiatru, to dym będzie się unosił wzdłuż toru kolejowego i obserwując go z dala w kierunku prostopadłym do pociągu, będziemy go widzieli w całej rozciągłości, natomiast stojąc tuż przy torze zobaczymy warkocz dymu silnie skrócony. Zupełnie analogiczne stosunki zachodzą i przy obserwacji komet. Toteż chcąc wyzna-

czyż rozmiary komet musimy znać ich położenie w przestrzeni w **stosunku** do Słońca i do Ziemi i dopiero na tej podstawie możemy określić ich rzeczywiste rozmiary w kilometrach.

Rozmiary te są olbrzymie, choć dla poszczególnych komet wahają się w dość szerokich granicach.

Średnica głowy komety sięga od **50 000** km do **250 000** km, przy czym najczęściej rozmiary jej wynoszą około 130 000 km. Jeżeli przypomnimy sobie, że średnica Ziemi wynosi* **około** 13 000 km, to stąd od razu widać, że głowy przeciętnej komety są przynajmniej 10 razy większe od naszej Ziemi. A są to komety średniej wielkości, najczęściej spotykane. Obok nich trafiają się istne olbrzymy, **100** i więcej razy większe od Ziemi, Tak na przykład średnica głowy komety z r. **1811** wynosiła **1800000** km, czyli była znacznie większa od Słońca (średnica Słońca wynosi 1390 000 km).

To są cyfry dotyczące całej głowy komety. Jeśli chodzi natomiast o samo jądro komety, to jest ono na ogół niewielkie. Tak na przykład jądro komety Halleya, której głowa razem ze słabą otoczką mgławicową miała średnicę około 1 000 000 km, wynosiło zaledwie 800 km. Jądro największej komety, jaką znamy (z r. 1882), miało średnicę około 3 000 km.

Jeśli chodzi o głowy komet, to spotykamy się tutaj z niezmiernie charakterystycznym zjawiskiem, znanym już Keplerowi. **Oto** mianowicie rozmiary głowy komety są zmienne w dość szerokich granicach i zmiany te są zależne od odległości jej od Słońca. Widać to z poniższej tablicy wykazującej zmiany średnicy głowy komety Halleya w r. 1910.

Data	Odległość od Słońca		Średnica głowy
luty	4	230 milionów km	222 000 km
marzec	8	165 >	219 000 „
kwiecień	21	90 >>	145 000 „
maj	5	104 „	103 000 „
maj	7	105 „	48000 „
maj	25	140 „	81000 „
maj	31	150 „	265 000 „

Gdy kometa jest jeszcze dość daleko od Słońca, wtedy rozmiary jej głowy są duże, lecz w miarę zbliżania się jej do Słońca maleją i swą najmniejszą wartość osiągają w jakiś czas po przejściu punktu przysłonecznego, w którym kometa jest najbliżej Słońca. Gdy kometa oddała się od Słońca, wówczas głowa jej wzrasta. Zmiany te są związane z mechanizmem świecenia komet i wytłumaczenie tego zjawiska podamy później, gdy będziemy mówili o przyczynach świecenia komet.

Jeżeli rozmiary głowy komet są tak olbrzymie, to co dopiero ich warkocze, które tworzą najpokaźniejszą część komety. Rzadko spotykamy komety o warkoczach krótszych niż 10 milionów kilometrów, przeważnie długości ich wahają się w granicach od 50 milionów km do 100 milionów km, a w niektórych przypadkach bardzo jasnych komet zaobserwowano warkocze sięgające 150 milionów km i więcej. Dla porównania podamy, iż odległość Ziemia-Słońce wynosi około 150 milionów km.

Powyższe liczby odnoszą się do liniowych rozmiarów komet; z tych danych możemy z łatwością obliczyć objętość zajmowaną przez kometa. Jak wygląda teraz sprawa masy komet? Otóż tutaj natrafiamy na niespodziankę — masy komet są niesłychanie małe.

Dotychczas nie udało się stwierdzić jakichkolwiek wpływów przyciągania komety na któreś z ciał naszego układu słonecznego, chociaż były komety, które przeszły tak blisko Ziemi czy Jowisza, że same uległy w znacznym stopniu działaniu tej planety i zmieniły swą drogę, natomiast planeta nie podległa żadnemu wpływowi. Znany jest przypadek komety Brooksa 1889 V, która w r. 1886 przeszła przez układ księżyców Jowisza nie wywierając na nie żadnego wpływu, sama natomiast pod wpływem działania Jowisza tak zmieniła rozmiary swej drogi, że czas obiegu jej dookoła Słońca uległ skróceniu z 29 ha 7 lat.

Możemy stąd wnioskować, że masa tej komety nie przewyższała 1/10 000 masy Ziemi. Masy innych komet są jeszcze mniejsze, prawdopodobnie wynoszą one około jednej milionowej masy Ziemi i w porównaniu z masą ciał naszego układu

słonecznego są one stosunkowo nieznaczące. Masa naszego Księżyca jest tylko 80 razy mniejsza od masy Ziemi.

Jakiż wniosek nasuwa się nam z zestawienia tych dwóch faktów, to znaczy olbrzymiej objętości komet przy równocześnie znikomej masie? Oto tylko ten, że materia, z której składają się komety, jest w stanie ogromnego rozrzedzenia. Na razie nie przesadzamy, czy ta materia jest w stanie stałym, czy gazowym. Stan płynny możemy z góry wykluczyć ze względu na niską temperaturę panującą w przestrzeniach tak międzyplanetarnych, jak i międzygwiazdowych. Stwierdzamy tylko, że materia komet jest w stanie ogromnego rozrzedzenia, czego najlepszym dowodem jest przezroczystość komet, gdyż nawet przez najgęstszą część głowy komety możemy obserwować gwiazdy w niezmnieszonej jasności.

Wielka kometa z r. 1882 i kometa Halleya z r. 1910 przeszły przed tarczą słoneczną, co jednak nie wywołało żadnych zmian w wyglądzie Słońca ani też nie dało się stwierdzić przy pomocy specjalnych badań fizycznych.

Gęstość warkoczy komet jest jeszcze mniejsza. Jeden z astronomów ocenia, iż w warkoczach komety Halleya z r. 1910 masa w objętości 600 km^3 równa się masie powietrza w $< 1 \text{ cm}^3$. Oznacza to, iż gęstość komet jest setki tysięcy razy mniejsza aniżeli gęstość naszej atmosfery przy powierzchni Ziemi.

Skąd pochodzi światło komet? Na pytanie powyższe, jak i na inne dotyczące budowy fizycznej komet i ich pochodzenia nauka długo nie mogła dać odpowiedzi. Dopiero zastosowanie do badań komet analizy widmowej pozwoliło wnikać w ich istotę. Nie możemy tutaj zająć się samą metodą badania, lecz musimy się ograniczyć do podania wyników. Pragnących zaznajomić się bliżej nie tylko z analizą widmową, lecz i z innymi zagadnieniami związanymi z badaniami astronomicznymi, odsyłamy do literatury podanej przy końcu.

Światło komet ma dwa źródła. Gdy kometa jest jeszcze na znacznej odległości od Słońca i świeci jako słaba okrągła plamka lub mgiełka, to świeci ona odbitym światłem słonecz-

nym. Podobnie jak i inne ciała naszego układu słonecznego, tj. planety, księżycy — komety są również ciałami ciemnymi, nie świecącymi własnym światłem. Łatwo możemy się przekonać o tym analizując spektroskopem światło Słońca i komet w ich pierwszym okresie pojawienia się. Porównanie to wykazuje, że widmo komety jest identyczne z widmem słonecznym.

Dopiero, gdy kometa zbliży się do Słońca na pewną niewielką odległość, oprócz światła słonecznego odbitego zaczyna się pojawiać inne światło, pochodzące już od samej komety. Mniej więcej w tym samym czasie zaczyna się tworzyć warkocz komety, początkowo krótki, lecz w miarę zbliżania się komety do Słońca coraz dłuższy i świetniejszy. Istnieje jednak zasadnicza różnica w rodzaju światła wysyłanego przez głowę komety i jej warkocz. Wyżej powiedzieliśmy, że o ile światło głowy komety jest częściowo odbitym światłem słonecznym, a częściowo jej własnym promieniowaniem, o tyle w warkoczu komety mamy do czynienia tylko ze światłem niejako w nim samym powstałym. Warkocz komety nie świeci odbitym światłem słonecznym, przeto jego budowa musi być różna od budowy samej głowy komety. Ale nawet i to własne promieniowanie głowy i warkocza komety jest różne, jak to wykazały szczegółowe badania z zastosowaniem analizy widmowej.

Warkocze komet posiadają jeszcze inną cechę charakterystyczną, niezmiernie ważną. Już poprzednio stwierdziliśmy, że budowa warkocza nie jest jednostajna, lecz że możemy wyróżnić w nim poszczególne strugi lub prądy, a nawet miejscami węzły czy zgrubienia. Najbardziej charakterystyczny jest jednak fakt, że te niejednorodności budowy nie są stałe, lecz ruchome. Jeżeli będziemy fotografować komety w krótkich odstępach czasu, na przykład co noc, to przekonamy się, że te węzły i zgrubienia przesuwają się dość szybko od głowy komety ku końcowi jej warkocza, przy czym szybkość wzrasta w miarę oddalania się od głowy. Odnosimy wrażenie, jakby głowa komety wyrzucała materię świetlną całymi strugami i te strugi czy strumienie spływały wzdłuż warkocza z coraz większą prędkością. Obliczono, że taka cząstka świecąca wyrzucona z głowy

komety wędruje od kilku do kilkunastu dni, zanim osiągnie koniec warkocza. Ponieważ długości warkoczy komet dochodzą do 100 milionów kilometrów i więcej, więc, łatwy rachunek przekona nas, że prędkości tych cząstek muszą wynosić setki kilometrów na sekundę.

Materia świetlna dobiegłszy do końca warkocza nie ginie, lecz skutkiem rozpraszania się na wszystkie strony słabnie tak znacznie, że przestaje być widoczna. Ginie ona jednak bezpowrotnie dla samej komety, gdy raz wyrzucona, już nie powróci, czyli że kometa przebiegając w pobliżu Słońca traci bezpowrotnie część swojej materii. Ma to niezmiernie wielkie znaczenie dla komet okresowych, to jest takich, które biegnąc po elipsach mniej lub więcej wydłużonych co jakiś czas powracają do Słońca. Jeśli czas obiegu komety dookoła Słońca jest niewielki — kilka lub kilkanaście lat — to kometa za każdym zbliżeniem do Słońca będzie traciła część swej materii wywołującej świecenie, skutkiem czego za każdym następnym powrotem będzie miała coraz krótszy i słabszy warkocz, aż ten wreszcie całkiem zniknie. Tak na przykład kometa Halleya z r. 1910 miała już znacznie mniej świetlny warkocz aniżeli w czasie swoich poprzednich pojawień się.

Z czego składają się komety? Dane powyższe dotyczące świecenia komet nasuwają nam pewne przypuszczenia co do budowy wewnętrznej komet — a więc materii, z jakiej się składają, i ich stanu skupienia. Wiemy, że zasadniczo komety są ciałami ciemnymi, a dopiero po zbliżeniu się do Słońca świecą najpierw światłem słonecznym odbitym, a potem dopiero światłem własnym, przy czym materia świecąca jest wyrzucana z głowy i spływa wzdłuż warkocza odwróconego zawsze od Słońca. Nie możemy przypuszczać, że kometa jest czymś w rodzaju planety lub księżycy, tj. jedną bryłą zwartą, masywną. Przeczy temu fakt olbrzymich rozmiarów głowy komety przy niezmiernie małej masie. Jeszcze dobitniej o rozrzedzeniu materii kometarnej świadczy fakt, o którym już poprzednio

wspominaliśmy, że ani głowa, ani warkocz nie potrafią zaćmie blasku gwiazd, przed którymi przechodzą.

Najważniejszych dowodów budowy komet dostarczają nam jednak meteory, czyli tak zwane gwiazdy spadające, o których będziemy mówili dopiero w drugiej części tej książki. Na tym miejscu musimy poprzestać tylko na samym podaniu faktu.

Tak więc głowa komety jest to po prostu ogromna chmura kształtu kulistego, wypełniona bardzo rzadko rozsianymi drobnymi bryłkami i okruchami ciał stałych o różnych wielkościach, począwszy już od mikroskopijnie drobnych, których średnica wynosi drobny ułamek milimetra. Jaka jest górna granica rozmiarów tych bryłek, trudno dać na to pewną i stanowczą odpowiedź. Możliwe, że wewnątrz głowy komety znajdują się bryły dość spore, o średnicy kilku, kilkunastu, kilkudziesięciu lub nawet kilkuset metrów, jednak bezpośrednią obserwacją stwierdzić tego nie możemy, gdyż są one zbyt małe, aby je dostrzec nawet przez najpotężniejsze lunety. Z drugiej strony, tak zwane meteoryty (tak nazywamy te meteory, które po przebiciu warstwy powietrza spadły na ziemię i tu zostały przez człowieka znalezione) świadczą, że jednak takie duże bryły krążą w przestrzeniach międzyplanetarnych, więc możliwip, że są one i w głowach komet. Można jednak przyjąć, jak to wynika z pewnych rozważań, że rozmiary tych bryłek średnio nie przekraczają jednego centymetra. Bryłki te są rozsiane w dość dużych odległościach jedna od drugiej, czego dowodzi mała gęstość komet. Oprócz tych bryłek i okruchów znajduje się tu też sporo pyłu drobnego, tak zwanego kosmicznego, i trochę gazów.

Taka chmura bryłek, pyłu i gazów porusza się po drodze eliptycznej naokoło Słońca, zachowując przy tym swój kształt kulisty pod wpływem wzajemnego przyciągania się tych poszczególnych cząstek czy okruchów. Ten kształt kulisty zmienia się nieco na owalny dopiero w pobliżu Słońca, a to skutkiem różnic w przyciąganiu Słońca wywieranych na jej różne części. Jeśli zaś chodzi o rozkład mas wewnątrz takiej chmury kometarnej, to prawdopodobnie środek jej jest naj-

gęstszy i zajęty przez największe masy tworzące wyżej wspomniane jądro głowy, a im dalej od środka, tym gęstość i wielkość cząstek jest mniejsza.

Chmura taka, utworzona z ciemnych mas, znajdując się daleko od Słońca nie może świecić; dopiero kiedy zbliży się do Słońca na odpowiednią odległość, zaczyna świecić odbitym światłem słonecznym. Sytuacja ulega jednak gwałtownej i zasadniczej zmianie, gdy kometa zbliży się do Słońca na odległość około 300 milionów kilometrów. Wtedy zaczyna ona świecić światłem własnym. A dzieje się to tak: owe bryłki, utworzone z analogicznych materiałów, jak nasze skały, z dodatkiem pewnych metali, zostają wystawione na silne i bezpośrednie działanie promieni słonecznych. Wprawdzie w tym okresie czasu kometa znajduje się dwa razy dalej od Słońca niż Ziemia, więc natężenie promieniowania słonecznego jest cztery razy słabsze, ale musimy mieć na uwadze fakt, że nas chroni nasza atmosfera, która dużą część promieni słonecznych odbija i pochłania łagodząc różnice między dniem i nocą i tym samym umożliwiając nam życie. Poszczególne cząstki komety nie posiadają tej chroniącej je atmosfery i są skutkiem tego wystawione na bezpośrednie działanie promieni; działanie to wzmacnia się niesłychanie silnie w miarę zbliżania się komety do Słońca. Pod wpływem tego intensywnego promieniowania drobne bryłki i odłamki poczynają się silnie rozgrzewać. Eóżne gazy zawarte w tych odłamkach pod wpływem wysokiej temperatury wydobywają się na zewnątrz z pewnymi, na ogół niewielkimi, prędkościami. W ten sposób cała głowa komety zostaje jakby wypełniona gazem, którego cząsteczki poruszają się w różnych kierunkach. Naturalnie tego „wypełnienia” nie należy brać zbyt dosłownie, gdyż mimo to próżnia wewnątrz głowy komety jest jeszcze tak wielka jak w naszych rurkach próżniowych.

Cząsteczki gazów wypędzone z bryłek są również poddane silnemu promieniowaniu słonecznemu. Pod wpływem tego promieniowania zaczynają one świecić, przy czym mechanizm tego świecenia jest znany w fizyce jako fluorescencja. Miano-

wicie niektóre ciała stałe, płynne i gazowe, poddane silnemu naświetleniu, poczynają same świecić, chociaż nie zawsze źródło promieniowania musi wysyłać promienie widoczne dla naszego oka. Prawdopodobnie świecenie gazów komet jest

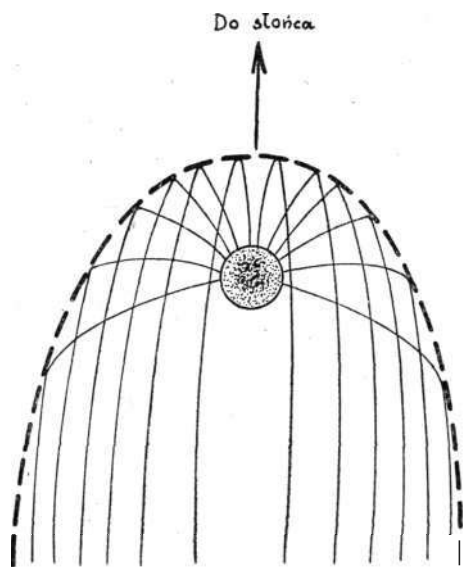


Fig. 5. Drogi cząstek wyrzucanych z głowy komety i odpychanych ciśnieniem promieniowania

wywołane powyższą przyczyną, ale dziś nie wszystko jest jeszcze w tym zjawisku wyjaśnione; istnieje szereg kwestii spornych, co do których astronomowie i fizycy nie znaleźli jeszcze wytłumaczenia. %

Na początku wspomnieliśmy o tym, że warkocz komety jest stale odwrócony od Słońca. Wydaje się to trochę niezrozumiałe wobec faktu, że gazy wydobywające się z poszczególnych bryłek poruszają się we wszystkich kierunkach, a więc także i w kierunku ku Słońcu. Tak też

jest rzeczywiście. Część gazów istotnie porusza się ku Słońcu, ale tylko na dość krótkim odcinku. Po przebyciu pewnej drogi zostają one zahamowane, zataczają mały łuk i potem zostają odrzucone wstecz w kierunku warkocza (fig. 5). Eobi to na nas wrażenie, jakby Słońce było siedliskiem nie tylko siły przyciągającej, lecz też i odpychającej. Siła ta jest to tak zwane ciśnienie promieniowania. Promienie słoneczne pędząc z prędkością 300 000 kilometrów na sekundę uderzają w ciało stojące na ich drodze i wywierają na nie pewien nacisk. Nacisk ten jest niezmiernie mały, jeżeli chodzi o ciała, których rozmiary są dość znaczne, dlatego też nie odczuwamy go zupełnie. Jeżeli jednak **rozmiary ciał** maleją i stają się mikroskopowo małe, wtedy

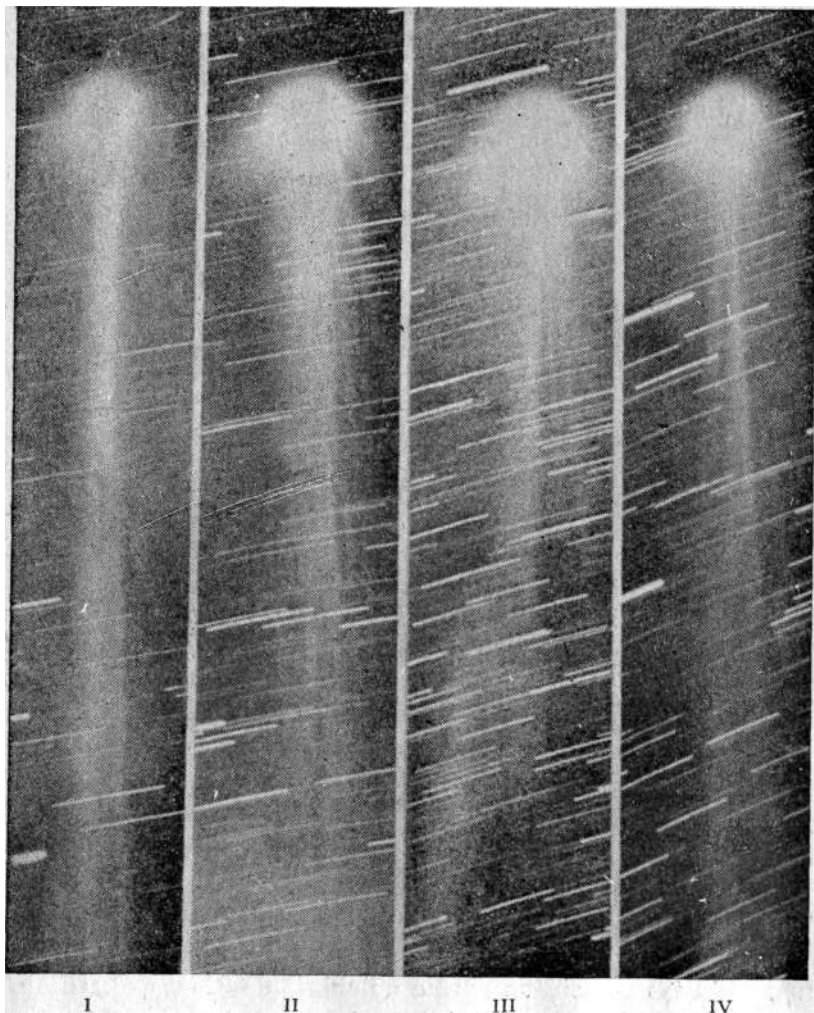


Fig. 6. Koimeta Finslera

I. 2—3 sierpnia 1937. III. 6 sierpnia 1937.
II. 3—4 sierpnia 1937. IV. 9 sierpnia 1937.

nacisk światła staje się większy niż siła przyciągania. W kometach mamy analogiczne zjawisko. Na poszczególne bryłki, ciała stałe, pył kosmiczny i cząstki gazów działa tak przyciąganie słoneczne, jak i ciśnienie świetlne. Na cząstki duże, a więc bryłki i odłamki, których rozmiary przekraczają ułamek milimetra, przeważa przyciąganie słoneczne i dlatego poruszają się one po torach eliptycznych naokoło Słońca. Natomiast na ciśnienie światła nie reagują one zupełnie, są zbyt duże i ciężkie.

Inaczej ma się sprawa z cząsteczkami gazów i najdrobniejszym pyłem kosmicznym o średnica² poniżej jednej tysięcznej milimetra. Rozmiary ich są już tak drobne, że ciśnienie światła ma na nie przeważający wpływ nad przyciąganiem. Przewaga ta jest czasami kilka lub kilkanaście razy większa, przeto choćby nawet ich ruch początkowo był skierowany w stronę Słońca, to jednak po pewnym czasie siła ciśnienia światła słonecznego zatrzymuje je i potem odrzuca całymi strugami wzdłuż warkocza komety, jak to widzimy na zdjęciach fotograficznych komet (fig. 6. *). Tak więc warkocz komety jest utworzony z najdrobniejszego pyłu kosmicznego i cząsteczek gazów, w przeciwieństwie do głowy, która przede wszystkim składa się z cząstek stałych o stosunkowo dość dużych rozmiarach.

Streszczenie. Streśćmy pokrótce to, co wiemy o kometach i ich naturze. Kometą jest to zatem olbrzymia chmura luźnych cząstek o rozmiarach różnych, począwszy od mikroskopowego pyłu aż do brył o średnicy kilku lub kilkunastu metrów. Chmura ta, kształtu na ogół kulistego, biegnie w przestrzeni międzyplanetarnej, ulegając wpływowi przyciągania słonecznego. Zbliżywszy się na **pewną** odległość do Słońca ukazuje się nam jako drobna plamka lub mgiełka, świecąca odbitym od

*) Kreski widoczne na zdjęciu pochodzą od gwiazd. Kometą posiada bowiem ruch własny na sklepieniu niebieskim. Fotografując kometę musimy stale lunetę przesuwac za kometą, skutkiem czego gwiazdy wychodzą jako kreski.

powierzchni bryłek i pyłu światłem słonecznym. Gdy kometa zbliży się jeszcze bardziej do Słońca, natenczas pod wpływem promieniowania słonecznego zaczynają się wydobywać z materii kometarnej gazy, które poczynają świecić. Równocześnie na te gazy świecące działa ciśnienie światła, zmuszając je do poruszania się w kierunku od Słońca. Powstaje warkocz, który w miarę zbliżania się karnety do Słońca rośnie, jest coraz jaśniejszy, aż wreszcie w jakiś czas po przejściu punktu przysłonecznego osiąga maksimum blasku i rozmiarów.

W dalszej swej wędrówce naokoło Słońca, w miarę oddalania się od niego, kometa przechodzi przez wszystkie swoje poprzednie stadia rozwoju, lecz w kierunku odwrotnym. Warkocz słabnie, potem znika, zostaje tylko słaba plamka, która też po pewnym czasie nawet w najpotężniejszych lunetach ginie, odbiega w przestrzeń.

Oto krótka historia komety. W pewnych wypadkach historia ta ulega jeszcze uproszczeniu. Gdy mianowicie kometa biegnie po drodze zbyt odległej od Słońca lub też jako kometa okresowa, w licznych powrotach do Słońca wyczerpała cały swój zapas gazów świecących — wtedy widzimy nawet przy pomocy lunet tylko słabą mgiełkę. Taka kometa „teleskopowa” nie wytwarza zupełnie warkocza.

Kilka słów jeszcze o zjawisku zmniejszania się głowy komety w miarę jej zbliżania się do Słońca. Tłumaczy się to całkiem prosto ciśnieniem światła. Im bliżej znajduje się kometa Słońca, tym silniejsze działanie wywiera na nią ciśnienie i tym wcześniej gazy poruszające się w stronę Słońca zostają zahamowane i odrzucone wstecz.

Dezintegracja komet. (Rozpad komet). Jak widzieliśmy poprzednio, komety na ogół w ciągu swego żywota stale tracą materię. Istnieją jednak wypadki, że cała kometa, a więc jej jądro, ulega rozpadowi. Mamy tu do czynienia z tak zwaną dezintegracją komet. Wspomnieliśmy wyżej, że głowa komety ma kształt kulisty, a to pod wpływem wzajemnego przyciąga-

nia się poszczególnych cząstek komety. W pewnych jednak wypadkach, gdy masa komety jest mała, działanie przyciągające Słońca może wywołać w komecie w okresie, gdy ona znajduje się w niewielkiej od niego odległości, zjawisko analogiczne do przypływów i odpływów. Części głowy komety bliższe Słońca zostają silniej przyciągnięte niż części dalsze, kometa zostaje wydłużona, rozciągnięta. Za następnym powrotem zjawisko jeszcze bardziej się potęguje, materia komety zostaje jeszcze bardziej rozproszona wzdłuż jej drogi naokoło Słońca, tak że po jakimś czasie kometa jako indywidualium przestaje istnieć. Pozostają tylko poszczególne jej bryłki i odłamki krążące jako ciemne ciała po dawnej drodze komety, które już nie świecą, ale tylko dają świadectwo o swym istnieniu jako tak zwane meteory.

Poza tym znane są wypadki, że głowa komety rozpadła się na dwie lub więcej części, te części oddalały się coraz bardziej od siebie, aż wreszcie cała kometa uległa dezintegracji. Takiemu losowi uległa na przykład kometa Bieli w r. 1826.

Zderzenie komety z Ziemią, Spotkanie Ziemi z kometa jest zasadniczo możliwe, choć niezmiernie mało prawdopodobne. Łatwo to zrozumiemy, jeżeli wyobrazimy sobie rozmiary naszego układu słonecznego, zredukowane do skali miliard razy mniejszej niż w rzeczywistości. Średnica Słońca wynosiłaby wtedy zaledwie 1.4 m, średnica Ziemi 13 mm, a odległość Ziemi od Słońca 150 m. Gdyby nawet głowa komety była tak wielka, jak Słońce, to trzeba by niesłychanego trafu, aby mikroskopijna Ziemia znalazła się równocześnie w tym samym punkcie przestrzeni, co i kometa. Wydarzenie takie może zajść nie częściej niż raz na **100 000 000** lat. Ponieważ wiek Ziemi znacznie przekracza tę cyfrę, przeto możliwe jest, że w przeszłości takie spotkanie mogło nastąpić, może nawet niejedno, lecz dziś już skutków ich nie zdołamy poznać na powierzchni Ziemi. Natomiast na naszym najbliższym sąsiedzie — Księżycu, możemy dopatrzeć się śladów takiego spotkania z głową komety. **Powierzchnia** Księżyca, jak to widzimy przez lunetę, jest pokryta

tak zwanymi kraterami, okrągłymi zagłębieniami, otoczonymi niewielkimi wyniosłościami w kształcie wałów, w środku których znajduje się bardzo często małe wyniesienie, jakby stożek. Nie posiadamy do dziś dnia bezspornego wytłumaczenia powstania tych kraterów księżycowych, możliwe, że są one pochodzenia wulkanicznego, że są to po prostu wygasłe wulkany, a możliwe też, że kiedyś, w dawno minionych czasach, kiedy powierzchnia Księżyca jeszcze niezupełnie zastygła, lecz znajdowała się w stanie półpłynnym, uległa ona zbombardowania przez bryły, z jakich składała się kometa, i ślady tego spotkania możemy jeszcze do dziś obserwować.

Dlaczego nie obserwujemy tych śladów na powierzchni Ziemi? Przyczyny mogą być różne; Księżyc nie posiada atmosfery, więc poszczególne bryły uderzały z pełną siłą w powierzchnię Księżyca, Ziemia natomiast posiada atmosferę, która w znacznym stopniu łagodzi siłę uderzenia. I dziś jeszcze spadają na ziemię pojedyncze meteoryty o masie do kilkudziesięciu ton, lecz efekt uderzenia jest nieznaczny. Tak na przykład najcięższy meteoryt o masie około 60 ton, znaleziony koło Grootfontain w południowo-zachodniej Afryce, wbił się zaledwie na 1.5 m głęboko pod powierzchnię Ziemi. Gdyby więc nawet większe masy spadały na Ziemię, to ich nieznaczne ślady musiałyby skutkiem wpływów atmosferycznych i przewrotów geologicznych ulec całkowitemu zatarciu.

Bardziej współczesne ślady, pochodzące już z okresów historycznych, możemy oglądać w Stanach Zjednoczonych w stanie Arizona. Jest to znany krater w pobliżu Canon Diablo. Średnica jego wynosi 1200 m, a zagłębienie 180 m poniżej poziomu. Na podstawie pewnych danych możemy wnioskować, że jest on w każdym razie dawniejszy niż sprzed 700 lat. O sile uderzenia świadczy fakt, iż blok skalny o masie około 4 000 ton został siłą uderzenia wyrwany z dna krateru i rzucony na otaczający go wał.

Dnia 30 lipca 1908 roku spadł meteoryt w tajgę syberyjską koło Podkamiennaja Tunguska (Centralna Syberia). Samego

meteorytu, poza drobnymi ułamkami, nie znaleziono dotychczas, znaleziono natomiast cały szereg małych kraterów o średnicy od 10 do 50 metrów. Spustoszenie spowodowane tym spadkiem było ogromne — las w promieniu 20 km został * spalony, jednak dzięki temu, że meteoryt spadł w pustkowie, wypadków z ludźmi prawdopodobnie nie było.

Są to wszystko skutki zderzenia Ziemi z pojedynczym meteorytem lub niewielką ich gromadą. Jeżeliby jednak głowa komety składała się z większej ilości takich ogromnych brył, to skutki byłyby odpowiednio większe, choć dla Ziemi, jako ciała niebieskiego, nie katastrofalne. Po większej części takie zderzenie ograniczyłoby się do obfitego roju meteorów.

Spotkanie z warkoczem komety jest zupełnie bezpieczne. Ziemia już kilkakrotnie, jak to później stwierdzono, znajdowała się w warkoczach komety bez żadnych dla siebie złych skutków. Tak na przykład przeszła przez warkocz ogromnej komety z r. 1861, a możliwe też, że otarła się o warkocz komety Halleya z r. 1910. Zderzenia te przeszły bez śladu, bez zwrócenia na siebie uwagi.

Wyrażano obawę, że przy takim spotkaniu powietrze może być zatrute gazami znajdującymi się w warkoczach komety. Obawy te jednak są zupełnie bezpodstawne, gazy w warkoczach są w stanie tak wielkiego rozrzedzenia, że ilość, jaka mogłaby przeniknąć do naszej atmosfery, jest znikomo mała i w żadnym wypadku nie może zagrażać naszemu istnieniu.

Polskie komety. Nauka polska może się poszczycić doskonałymi wynikami w zakresie badań nad kometami, które w niczym nie ustępują badaniom przeprowadzanym przez uczonych zagranicznych. Zasługa astronomów polskich jest o tyle nawet większa, że musieli oni i jeszcze dziś muszą walczyć z dużymi trudnościami technicznymi, jak brak odpowiednich lunet, nieodpowiednie warunki obserwacji, bardzo ograniczone środki materialne itp., podczas gdy dla astronomów zagranicznych te ograniczenia prawie nie istnieją.

Zainteresowania astronomów polskich w badaniu komet są różnorodne. Najpierw należy wymienić tych, którzy zajmowali się odszukiwaniem nowych komet na niebie. Jest to ogromnie żmudna i niewdzięczna praca. Wykorzystując każdą chwilę nocy, kiedy niebo jest bezchmurne, przeszukuje astronom skrupulatnie jedną część nieba za drugą, pilnie zważając na każdy podejrzany obiekt, dokładnie sprawdzając przy pomocy katalogów gwiazd i map nieba, czy to, co widzi w polu lunety, nie jest przypadkiem mgławicą, i dopiero po niezbitym stwierdzeniu, że to jest nieznaną nową kometą, zgłasza swoje odkrycie centrali astronomicznej, znajdującej się w Kopenhadze, a ta natychmiast po otrzymaniu wiadomości podaje ją dalej drogą telegraficzną i radiową wszystkim obserwatoriom astronomicznym na świecie. W ten sposób w kilka godzin po odkryciu nowej komety już setki astronomów badają jej położenie i ruch na sklepieniu niebieskim; jej jasność i budowę, stosują fotografię i spektroskopię utrwalając na kliszy jej obraz i widmo.

Aby jednak odkryć nową, nieznaną kometę, nieraz musi spędzić astronom wiele już nie dziesiątków, lecz setek nocy na przeszukiwaniu nieba i nierzadko się zdarza, że mimo długoletnich poszukiwań efekt jest bardzo skromny, jedna lub czasem dwie komety.

Takich szczęśliwych „łowców komet” mamy w Polsce trzech. Na pierwszym miejscu należy wymienić A. Wilka, zmarłego w r. 1940 po powrocie z obozu w Sachsenhausen. Wilk odkrył 4 komety noszące jego nazwisko. O ogromie zamiłowania Wilka do badań astronomicznych świadczy fakt, iż był on z zawodu nauczycielem gimnazjalnym, tak że tylko wolne godziny nocy mógł poświęcać badaniu nieba i poszukiwaniu komet, przy czym lunety potrzebne do tych obserwacji nabywał z własnych oszczędności. Po jednej komecie odkryli Orkisz i Lis.

Również i w innych dziedzinach badań nad kometami astronomowie polscy położyli duże zasługi, szczególnie w dziedzinie badań nad ruchem komet w przestrzeni. Jedna tylko gałąź

wiedzy o kometach leży w Polsce odłogiem, tj. badania dotyczące budowy fizycznej komet. Winni tu już nie astronomowie, ale brak odpowiednich lunet, skutkiem czego nie można zebrać materiału obserwacyjnego. Dopiero utworzenie obserwatoriów astronomicznych, zaopatrzonych w duże lunety i odpowiednie przyrządy do badań i pomiarów, może temu brakowi zapobiec.

METEORY.

Opis zjkwiska. W pogodną, bezksiężycową noc, gdy znajdziemy się na otwartym polu, gdzie żadne budynki i światła nie przeszkadzają nam w obserwacji, często jesteśmy świadkami, jak nagle jedna z gwiazd oderwie się od sklepienia niebieskiego, przebiegnie w mgnieniu oka pewien łuk i zniknie. Tak nam się zdaje, że to gwiazda spadła, i stąd też nazwano to zjawisko: „spadające gwiazdy”. Lecz jest to złudzenie, to nie gwiazda spadła; gwiazdy są to olbrzymie słońca, setki tysięcy razy dalsze aniżeli nasze Słońce, więc one nie mogły spaść. Zjawisko to jest wywołane drobnymi, często o masie kilku miligramów, pyłkami lub okruszynami, które, przyciągnięte przez Ziemię, z wielką, szybkością wpadły w atmosferę i tu uderzając o cząsteczki powietrza napotykanego na swej drodze rozżarzyły się tak silnie, że uległy spaleni. Pyłki te, zapalające się w atmosferze, nazywamy meteorami.

Przestrzeń międzygwiazdowa i międzyplanetarna nie jest całkiem pusta. Z rzadka przebiegają przez te pustacie pojedyncze mniejsze lub większe okruszyny lub bryłki, samotnie przemierzające bezmiar wszechświata z szybkościami od kilkunastu do kilkudziesięciu kilometrów na sekundę. Od czasu do czasu taka bryłka dostanie się w obszar przyciągania Ziemi i na nią spada. Zależnie od prędkości, kierunku ruchu i wielkości takiej bryłki wpadającej w naszą atmosferę, zjawisko różnie wygląda. Gdy bryłka jest mała (o masie ułamka miligrama) i biegnie z wielką szybkością, to widzimy tylko nikłą smugę na sklepieniu niebieskim. Gdy masa bryłki jest większa, natenczas jasność meteoru jest znaczna, może przewyższyć

nawet jasność najjaśniejszych gwiazd. Długość drogi przebieganej w atmosferze przez meteor jest w tym wypadku dłuższa. Często także poza takim jasnym meteorom powstaje w powietrzu ślad w kształcie jasnej smugi, która jeszcze przez kilka minut po zgaśnięciu meteoru unosi się w powietrzu.

Niekiedy jednak — ale na ogół dzieje się to dość rzadko — gdy masa meteoru jest dostatecznie duża, zjawisko przebiega jeszcze wspanialej. Meteor rozpala się tak jasno, że oświetla całą okolicę. Robi się jasno jak w czasie pełni Księżyca, a sam meteor, świecąc światłem niebieskobiałym lub czerwonawożółtym i ciągnąc za sobą jasną smugę, jak kula ognista przebiega często wśród trzasków i huków dość długą drogę w powietrzu, aby w końcu z detonacją podobną do wystrzału z działa rozlecieć się na kawałki. Takie odłamki meteoru spadłe na Ziemię noszą nazwę meteorytów.

Ilość meteorów. Mogłoby się wydawać, że ilość meteorów jest niezbyt wielka. W czasie jednogodzinnej obserwacji możemy ich spostrzec kilka lub najwyżej kilkanaście. Przebiegają one sklepienie niebieskie w różnych kierunkach i z różnymi prędkościami. Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę, że obserwujemy tylko niewielką część naszej atmosfery, znajdującej się nad nami, gdyż jednocześnie nie możemy objąć okiem całego sklepienia niebieskiego; i następnie, że ta część obserwowana przez nas jest tylko drobnym ułamkiem całej atmosfery otaczającej Ziemię; — dalej, że obserwujemy tylko jaśniejsze meteory, widoczne gołym okiem, a prócz tego istnieją jeszcze słabsze, o których istnieniu dowiadujemy się z przypadkowych ich ukazywań się w lunecie (tak zwane meteory teleskopowe); no, i w końcu obserwujemy tylko w nocy, a w czasie dnia w naszą atmosferę wpadają również meteory, lecz przyćmione światłem słonecznym, nie mogą być widoczne — jeśli uwzględnimy te wszystkie okoliczności, to pokaże się, że ilość meteorów wpadających w atmosferę ziemską jest ogromna. Według dość ostrożnych ocen, ilość meteorów wpadających • w ciągu doby w naszą atmosferę i tak jasnych, że mogą być obserwo-

wane gołym okiem, wynosi kilka milionów. Łączna ilość meteorów jasnych i teleskopowych jest naturalnie kilkakrotnie większa.

Ponieważ na Ziemię spada tak ogromna ilość meteorów, to wydawałoby się, że masa Ziemi musi się stale powiększać, a powiększenie masy Ziemi wpłynęłoby na długość doby i roku. Skutków takich jednak nie zaobserwowano. Wprawdzie masa meteorów spadłych na Ziemię może być oceniana na wiele ton, jednak w stosunku do całej masy Ziemi jest to ilość nieznaczna, dosłownie kropla w morzu.

Dawniej próbowano wytłumaczyć źródło energii Słońca spadkiem na nie meteorytów. Słońce stale promieniuje, świeci i grzeje, czyli stale wydatkuje swoją energię i strata tej energii musi być z innych źródeł pokryta, w przeciwnym razie Słońce szybko wyczerpałoby: się i przestałoby świecić. Przypuszczano więc, że źródłem tym jest może energia, pochodząca ze spadku meteorów na Słońce. Ponieważ masa Słońca jest 300 000 razy większa od masy Ziemi, więc tym samym Słońce powinno tyle razy więcej przyciągać meteorów. Dokładne wyliczenia wykazały jednak, że jest to źródło zbyt nikłe, aby utrzymać promieniowanie Słońca niezmiennie od wielu miliardów lat¹⁾.

Częstość pojawiania się meteorów. Długotrwałe obserwacje wykazały, że liczba meteorów, które w danym miejscu można zaobserwować, jest zależna od pory nocy i roku. Gdyby Ziemia była nieruchoma, to jest nie obracała się naokoło swej osi raz na 24 godziny i nie biegła naokoło Słońca w okresie jednego roku, to liczba meteorów byłaby stała, gdyż możemy z wielkim prawdopodobieństwem przypuścić, że meteory są równomiernie w przestrzeni rozrzucone i ze wszystkich stron jednakowo padają na Ziemię. Sytuacja zmienia się zasadniczo, jeśli uwzglę-

¹⁾ Według dzisiejszego stanu nauki Słońce czerpie siłą energię z przemian jąder atomów. Obszerniejsze wytłumaczenie tego zjawiska **znajdzie** czytelnik w książkach — W. Iwanowskiej: Budowa gwiazd i E. Rybki: Energia atomowa w gwiazdach.

dnimy ruch Ziemi naokoło osi i naokoło Słońca. Ziemia biegnie po swej drodze rocznej z prędkością około 30 kilometrów na sekundę, więc wszystkie te meteory, które zdążają w tę samą stronę, co i Ziemia, lecz z prędkościami mniejszymi niż 30 km/sek., nie mogą już jej dogonić, pozostają w tyle, a spadają tylko te, które mają szybkości przewyższające szybkość Ziemi. Natomiast meteory zdążające na spotkanie Ziemi będą wszystkie, tak wolno biegnące, jak i szybkie, wyłapywane przez Ziemię. Ponieważ ten korzystny dla meteorów okres przypada na godziny od północy do południa, przeto w tym czasie spada na Ziemię przeciętnie znacznie więcej meteorów aniżeli od południa do północy.

Analogiczne zjawisko zachodzi i w ciągu rocznego obiegu Ziemi dookoła Słońca. Tutaj najkorzystniejszym okresem ukazywania się meteorów na półkuli północnej jest jesień i w jesieni obserwujemy znacznie więcej meteorów aniżeli w innych porach roku.

Na jakich wysokościach **pojawiają się i znikają meteory**. Jak powiedzieliśmy wyżej — meteory są to drobne bryłki i okruchy wpadające w naszą atmosferę, które skutkiem tarcia rozżarzają się, ewentualnie całkiem spalają. Byłoby bardzo ciekawą i ważną rzeczą móc stwierdzić, na jakich wysokościach zapalają się i na jakich wysokościach gasną czy spalają się meteory. Zadanie to zostało pomyślnie rozwiązane.

Dwóch obserwatorów oddalonych od siebie o kilkanaście lub kilkadziesiąt kilometrów, zaopatrzonych w mapę nieba i zegarki dokładnie wyregulowane podług sygnałów czasowych nadawanych przez radio, obserwuje uważnie tę samą stronę nieba. Gdy ukaże się meteor, obaj obserwatorowie zaznaczają na swoich mapach nieba, o ile można najdokładniej, punkt zaświecenia i zgaśnięcia meteoru, dokładny moment ukazania się i oceniony czas trwania świecenia. Te dane wystarczają do wyznaczenia drogi meteoru w atmosferze i jego prędkości. Rachunek nie jest zbyt skomplikowany, lecz wymaga znajomości pewnych wzorów z trygonometrii.

Wyniki tych obserwacji wykazały, że wysokości pojawiania się meteorów są dość znaczne, przeciętnie meteory poczynają świecić na wysokościach od 120 do 130 kilometrów, a gasną — od 60 do 80 kilometrów. Jaśniejsze schodzą jeszcze niżej, czasem do 20 km, zaobserwowano również pojawianie się meteorów 200 km i wyżej nad powierzchnią Ziemi.

Badania te mają duże znaczenie dla poznania wysokości naszej atmosfery. Bezpośrednie wzloty balonowe w zamkniętej hermetycznie gondoli (Piccard), sięgają niewiele więcej nad 22 kilometry. Tak zwane balony — sondy, zaopatrzone tylko w przyrządy samopiszące, wznoszą się do wysokości około 40 km i to jest już granicą, poza którą na razie trudno sięgnąć.*) Dopiero obserwacje meteorów dają nam możliwość sięgnięcia w jeszcze wyższe warstwy atmosfery. Badania te są zwykle bardzo trudne, wyników ostatecznych jeszcze nie otrzymano, jednak już samo stwierdzenie istnienia atmosfery na tak znacznych wysokościach jest dużą zdobyczą dla nauki.

Raje meteorów. Dotychczas mówiliśmy o meteorach ukazujących się pojedynczo i przebiegających sklepienie niebieskie w najrozmaitszych kierunkach, przy czym liczba takich meteorów, jak je nazywamy „sporadycznych”, w ciągu jednej godziny wynosiła kilka lub najwyżej kilkanaście.

Od czasu do czasu jesteśmy jednak świadkami znacznie wspanialszego zjawiska. Oto całe niebo jest jakby usiane meteorami; już nie dziesiątki lub setki na godzinę, lecz tysiące pojawiają się i znikają tak szybko, że nie potrafimy ich liczyć pojedynczo, możemy tylko ogólnie oceniać ich liczbę. Jest to tak zwany deszcz lub rój meteorów — zjawisko nader rzadkie, lecz kto raz miał szczęście je obserwować, ten nigdy nie zapomni tego wspaniałego widoku. Największe wrażenie może robi fakt, że dzieje się to wszystko w absolutnej ciszy.

Takie obfite roje meteorów są nader rzadkie; jeden z największych i najwspanialszych był obserwowany w Ameryce

*) Duże możliwości badań wysokich warstw atmosfery dają pociski rakietowe.

północnej 12 listopada 1833 roku. Całe zjawisko trwało około 5 godzin, a częstość ukazywania się meteorów oceniano na **200000** w ciągu jednej godziny. Według opisu naocznych świadków robiło to wrażenie płatków śniegu spadających w czasie śnieżycy.

Radiant roju meteorów. Jak wspomnieliśmy wyżej, takie obfite roje są niezmiernie rzadkie, co roku jednak mniej więcej o tej samej dacie możemy obserwować znacznie skromniejsze roje meteorów, ale bądź co bądź przekraczające znacznie normalną częstość ukazywania się meteorów. Tak na przykład około 10 sierpnia mamy rój meteorów zwany w gwarze ludowej „łzami świętego Wawrzyńca”.

Roje meteorów od meteorów sporadycznych odróżnia jeszcze inna cecha. Meteory sporadyczne przebiegają niebo w najrozmaitszych kierunkach, natomiast meteory należące do pewnego roju mają wspólną cechę, mianowicie wydaje się nam, jakby wszystkie wybiegały z jednego miejsca na sklepieniu niebieskim. Że to nie jest złudzeniem, możemy łatwo przekonać się wykreślając na mapie nieba drogi poszczególnych meteorów (fig. 7). Ten punkt, z którego zdają się wybiegać meteory, nazywamy „radiantem”; jest on dla danego roju niezmienny, to znaczy, rój co roku wybiega z tego samego miejsca na sklepieniu niebieskim. Utał się zwyczaj oznaczania poszczególnych rojów, meteorów od nazwy gwiazdozbioru, w którym ich radiant leży, a więc dla roju kwietniowego (około 20) „Lirydy”, ponieważ radiant leży w gwiazdozbiorze Liry, dla roju sierpniowego „Perseidy”, radiant w gwiazdozbiorze Perseusza, dla roju listopadowego (około 14) Leonidy, radiant w gwiazdozbiorze Lwa, Takich rojów o stałych radiantach znamy kilkaset, choć nie wszystkie są równe co do obfitości meteorów.

Wytlumaczenie zjawiska radiantu będzie bardzo proste, jeżeli posłużymy się w tym celu następującą analogią: Stańmy na torze kolejowym pomiędzy szynami, zwróćni twarzą w kierunku torów. Wiemy przecież, że szyny są od siebie jednakowo odległe, inaczej nie mogłyby po nich posuwać się pociągi — mimo to

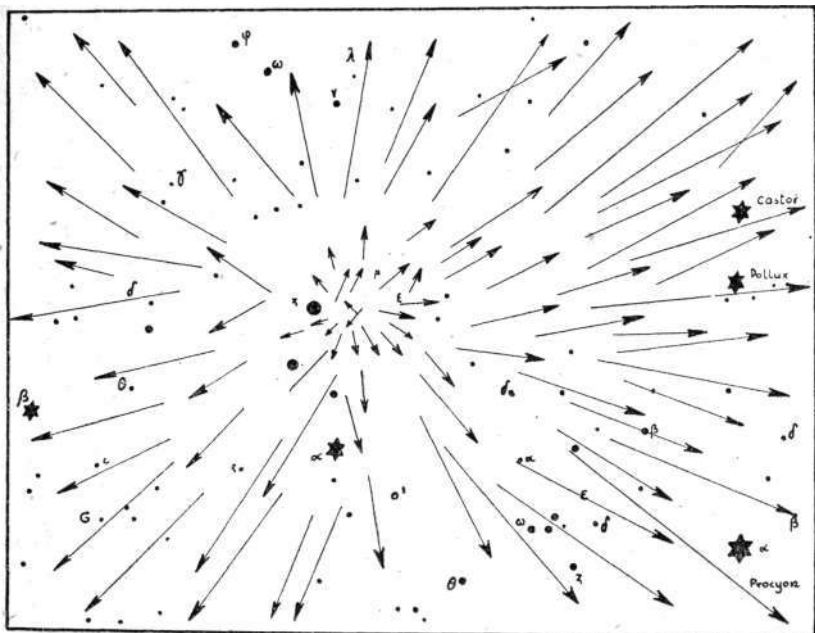


Fig. 7. Radiant Leonidów. 13 listopada 1866.

jednak wydaje się nam, jakby te szyny w miarę oddalania się od nas coraz bardziej zbliżały się do siebie. Zjawisko to będzie jeszcze wyraźniejsze, gdy obok siebie biegą dwa tory kolejowe, a my stoimy nad nimi. Wydaje się nam, że te wszystkie szyny gdzieś daleko przed nami zbiegają się w jednym punkcie. Jest to naturalnie złudzenie wzroku, wywołane tym, że na tę samą odległość pomiędzy szynami patrzymy pod coraz to mniejszym kątem.

Z zupełnie analogicznym zjawiskiem mamy do czynienia przy rojach meteorów. Zasadniczo meteory biegą w przestrzeni po torach równoległych i tak też wpadają w naszą atmosferę. Ponieważ patrzymy w kierunku, z którego one nadbiegają, przeto skutkiem skrócenia perspektywicznego wydaje się nam, że wybiegają one z jednego punktu. Jeżeli więc poprowadzimy w myśl linię prostą z naszego punktu obserwacyjnego do ra-

diantu, to otrzymamy kierunek, z którego meteory nadbiegają i wpadają w naszą atmosferę. Jak się okaże, znajomość tego kierunku będzie dla nas miała bardzo ważne znaczenie przy tłumaczeniu pochodzenia roju meteorów.

Związek **między kometami i rojami meteorów**. Mówiąc o budowie komet wypowiedzieliśmy przypuszczenie, że zasadniczo są one zbudowane z drobnych odłamków czy bryłek krążących po wydłużonych elipsach naokoło Słońca. Dowiedzieliśmy się również, że powoli, w miarę jak kometa okresowa dokonuje coraz więcej obiegów, materiał jej wyczerpuje się, kometa powoli zanika. Znamy również wypadki, gdy głowa komety rozpadła się-na dwie lub więcej części, tą części oddalały się od siebie wędrując w dalszym ciągu po tej samej elipsie, aż wreszcie i one przestały być widoczne; kometa uległa dezintegracji, materia, z której była zbudowana głowa komety, początkowo skupiona w jedną chmurę, powoli, pod działaniem różnic przyciągania Słońca wzdłuż swej drogi, rozsypała się.

Z drugiej strony wiemy, że w stałych, określonych datach pojawiają się roje meteorów. Od razu nasuwa się przypuszczenie, że pomiędzy tymi, tak na pozór odrębnymi zjawiskami musi istnieć jakiś związek czy pokrewieństwo. Hipoteza ta została potwierdzona przez zidentyfikowanie dróg pewnych komet z drogami rojów meteorów.

Astronom amerykański H. A. Newton (imiennik genialnego Izaaka Newtona, żyjący w XIX wieku) odkrył, że rój meteorów listopadowych, tak zwanych Leonidów, co 33,5 lat występuje ze szczególnie wielkim natężeniem. Tak na przykład w r. 1868 zaobserwowano w Stanach Zjednoczonych w przeciągu 2 godzin około 30 000 meteorów należących do tego **roju**. To periodycznie co 33.5 lat występujące wzmaganie się Leonidów mógł Newton prześledzić na podstawie starych zapisków i kronik aż do r. 900, czyli prawie na przestrzeni 1 000 lat. Na podstawie znajomości położenia radiantu tego roju, jak i innych danych, dwaj astronomowie, Schiaparelli i Leverrier, wyznaczyli drogę tego roju w przestrzeni. Gdy wynik ich rachunków

został ogłoszony, spostrzeżono, że droga, po której biegnie ten rój naokoło Słońca, jest prawie identyczna z drogą komety periodycznej Tempie 1866 I, której elementy zostały w tym samym czasie podane przez Oppolzera. Z porównania tych dwóch rezultatów doszli astronomowie do wniosku, że kometa Temple'a i rój Leonidów biegną w przestrzeni po tej samej drodze, lecz w pewnym odstępie od siebie, mianowicie kometa przechodzi około 10 miesięcy wcześniej przez punkt przysłoneczny aniżeli rój Leonidów. Fakt, że rój Leonidów stale występuje około 12—14 listopada, tłumaczy się tym, że drogi Ziemi i roju przecinają się i Ziemia w tym dniu znajduje się właśnie w punkcie przecięcia się tych dwóch dróg. Toteż co roku między 12 a 14 listopada mamy deszcz meteorów pochodzących z tego roju, a co 33.5 lat, gdy w punkcie przecięcia znajduje się chmura meteorów oddzielona od komety Temple'a mamy szczególnie obfity rój meteorów.

Jeszcze bardziej przekonującego dowodu ścisłego związku między kometami a rojami meteorów dostarczyła kometa periodyczna Bieli, odkryta w r. 1826. Kometa ta była już w czasie swoich poprzednich obiegów obserwowana, jak też i później, lecz nic specjalnie interesującego w niej nie*zauważono. Dopiero w czasie jej powrotu w r. 1845 zaobserwowano dziwne zjawisko — oto kometa rozpadła się na dwie części nierówne co do blasku i wyglądu, przy czym odległość między nimi wzrastała coraz bardziej. Słabsza część, biegnąca za jaśniejszą, po kilku wahaniach blasku poczęła tracić widocznie na jasności, aż wreszcie w marcu 1846 znikła zupełnie, podczas gdy jej jaśniejsza część była o cały miesiąc dłużej widoczna na sklepieniu niebieskim. Obie części były jeszcze widoczne w czasie następnego powrotu komety Bieli w pobliże Słońca w r. 1852, przy czym odległość pomiędzy nimi jeszcze bardziej wzrosła. I to był ostatni raz, kiedy kometa była obserwowana; w czasie następnych powrotów była już niewidoczna. Natomiast 27 listopada 1872 r. i 27 listopada 1885 r. zaobserwowano wspaniałe roje meteorów, których radiant leżał w gwiazdozbiórze Andromedy. Po wyliczeniu drogi tych rojów przekonano się, że biegną one

po tej samej drodze, co kometa Bieli. Ponieważ droga komety Bieli przecina drogę Ziemi w tym punkcie, gdzie Ziemia znajduje się 27 listopada, przeto zamiast komety, która uległa już całkowitej dezintegracji i rozsypaniu się, mamy w tym dniu rój meteorów.

Podobnie dla roju sierpniowego (Perseidy) udało się wykryć związek z kometa Tuttle 1862 III. Różnica pomiędzy tym rojem a poprzednimi polega na tym, że podczas gdy tamte co pewien czas występują niezwykle intensywnie (rój Leonidów co 33.5 lat, rój Andromedidów co 6.6 lat), to w przypadku roju sierpniowego zjawisko przebiega bardziej jednostajnie. Ilość meteorów obserwowana corocznie jest mniej więcej ta sama. Eozumieć to trzeba tak, że podczas gdy dla poprzednich dwóch rojów materia komety wprawdzie uległa dezintegracji wzdłuż całej drogi, lecz w nieznacznym stopniu, a główne skupienie istnieje nadal, o tyle Perseidy uległy już zupełnemu rozpadowi. Materiał, z którego była zbudowana kometa Tuttle'a, jest już rozsypany wzdłuż całej drogi stosunkowo równomiernie z małym i niewyraźnym skupieniem obiegającym Słońce w okresie około 110 lat.

Związek rojów meteorów z kometami jest więc niewątpliwy. Oprócz jednak rojów występujących okresowo co pewien czas, mamy przecież ogromną ilość meteorów sporadycznych, które pojawiają się stale. Co można o nich powiedzieć, czy między tymi sporadycznymi meteorami, przebiegającymi sklepienie niebieskie w najrozmaitszych kierunkach a kometami istnieje jakiś związek, czy też pochodzenie ich jest inne?

Żeby dać odpowiedź na to pytanie, musimy poznać szybkości meteorów sporadycznych, z jakimi biegną we wszechświecie, i kierunki, z których nadbiegają. Badania te są bardzo trudne i wymagają dużego wysiłku już nie jednego uczonego, lecz współpracy wielu badaczy, prowadzonej przez szereg lat. Na ogół można powiedzieć, że pewne wyniki już zostały osiągnięte, choć nie są to rezultaty ostateczne i możliwe są jeszcze niespodzianki.

Prędkości meteorów sporadycznych są duże, bo dochodzą do 70 km/sek, czyli że przewyższają znacznie szybkość Ziemi dookoła Słońca (30 km/sek.). O ciałach posiadających na odległości Ziemi od Słońca tak duże szybkości wiemy z mechaniki, że drogi ich już nie są krzywymi zamkniętymi, na przykład kołami lub elipsami, lecz że krzywe te muszą mieć ramiona otwarte w nieskończoność, a więc muszą to być w danym wypadku tylko hiperbole (parabole nie wchodzi w rachubę, jako niezmiernie mało prawdopodobne). Sporadyczne meteory nie należą więc do naszego układu planetarnego, lecz są okruciami, które przywędrowały do nas, być może, z najodleglejszych części przestrzeni międzygwiazdowej. A to ma dla nas nadzwyczaj ważne znaczenie. Przecież niektóre z nich są tak duże, że nie ulegają zupełnemu spaleni w atmosferze, lecz spadają na powierzchnię Ziemi i tu, znalezione przez człowieka, mogą być zbadane dokładnie: z czego są utworzone, jakie pierwiastki czy ciała wchodzi w ich skład, jaka jest ich budowa fizyczna i chemiczna itd. Biorąc taki meteoryt do ręki uświadamiamy sobie, iż jest to przybysz z głębin wszechświata, niosący nam wieści o tym, czy materia znajdująca się poza naszą Ziemią jest taka sama, czy inna, czy my tworzymy drobną cząsteczkę ogromnego wszechświata zbudowanego jednolicie, czy też wszechświat ten jest, zależnie od okolicy, różnie zbudowany.

Budowa i skład chemiczny meteorytów. Badania chemiczne wykazały, iż meteoryty możemy podzielić ogólnie na trzy grupy:

- 1) sydereyty — zbudowane z czystego żelaza, ewtl. z małą domieszką niklu,
- 2) mesosyderyty (pallasyty) — złożone częścią z metali (żelazo, nikiel), częścią z krzemianów,
- 3) aerolity — meteoryty o budowie skalistej (analogiczne do skał i „kamieni”, jakie znamy na Ziemi).

Podział ten jest dość schematyczny, znajdujemy meteoryty, w których części metaliczne i skały są w najróżniejszych stosunkach względem siebie.

Liczba pierwiastków chemicznych znalezionych w meteorytach wynosi około 30. W poniższej tabelicy mamy zestawione najważniejsze z pierwiastków znalezionych w meteorytach. W pierwszej kolumnie jest podana nazwa pierwiastka, w drugiej jego zawartość procentowa w meteorytach, w trzeciej zawartość procentowa tych pierwiastków w skorupie ziemskiej.

Nazwa pierwiastka	% występowania w meteorytach	% występowania w skorupie ziemskiej
tlen	42%	50%
krzem	21	26
magnez	16	2
żelazo	13	5
siarka	2	śląd
wapń	2	3

Porównanie tych liczb jest niezmiernie pouczające; dowodzą one, że cały wszechświat jest zbudowany jednolicie, że innych pierwiastków chemicznych poza tymi, które poznaliśmy na Ziemi, nie spotykamy nigdzie, nawet w najdalszych krańcach wszechświata.

Poznanie chemicznego składu meteorów jest ważne jeszcze z innego powodu — nasuwa mianowicie pewne analogie z budową wewnętrzną naszej Ziemi. Wiemy, że średni ciężar właściwy Ziemi wynosi 5.5 G/cm^3 , tymczasem średni ciężar właściwy skał znajdujących się na powierzchni Ziemi jest 2.5 G/cm^3 , stąd wniosek, że środek Ziemi, jej jądro, musi być zbudowany z metali ciężkich, głównie żelaza (ciężar właściwy żelaza około 7.6 G/cm^3). Warstwy pośrednie musiałyby mieć skład pośredni: im bliżej jądra, tym większa zawartość żelaza.

Potwierdzenie tej hipotezy dają nam meteoryty. Znamy meteoryty o wszelkich zawartościach, począwszy od czystych skał aż do czysto żelaznych. Możemy więc przypuścić, że gdzieś we wszechświecie wydarzyła się katastrofa; ciało niebieskie, analogiczne do naszej planety, zostało rozbite na drobne części,

które rozproszyły się we wszystkich kierunkach. Te, które pochodziły z powierzchni rozbitej planety, były zbudowane z samych skał — aerolity, a z im głębszych warstw pochodziły, tym większą miały domieszkę żelaza, aż wreszcie te, które pochodziły z samego środka, jądra planety, były zbudowane całkowicie z żelaza.

Zwróćmy jeszcze uwagę na jeden niezmiernie charakterystyczny fakt: oto na powierzchni Ziemi żelazo znajduje się tylko w formie rudy, tj. w połączeniu z innymi pierwiastkami. Żelazo czyste chemicznie jest pochodzenia kosmicznego, tj. spadło na Ziemię jako syderyty.

Hipotezy o pochodzeniu komet. Istnieje szereg hipotez o pochodzeniu komet, musimy jednak szczerze wyznać, że żadna z nich nie uzyskała ogólnej zgody astronomów. Skąd się komety wzięły, jak i kiedy powstały — na te pytania nauka nie może jeszcze dać bezspornej odpowiedzi. Na ogół przypuszcza się, że komety powstały równocześnie z naszym układem słonecznym z resztek materii pozostałej po utworzeniu Słońca i planet. Inna hipoteza twierdzi, że Słońce wędrując ze swym orszakiem planet przez wszechświat napotkało na swej drodze ogromną chmurę pyłu kosmicznego, z którego dopiero uformowały się komety. Przypuszczenie to jest o tyle prawdopodobne, że znamy we wszechświecie takie ogromne chmury pyłów kosmicznych i gazów, lecz od istnienia takich chmur do powstania komet droga jeszcze daleka.

Musimy zebrać jeszcze sporo nowych faktów, poznać gruntowniej mechanizm tworzenia się komet, zanim będziemy mogli odpowiedzieć na pytanie: jak powstały komety?

BIBLIOGRAFIA

Chant C. A. Cuda wiszechświata

Eddington A. S., Nauka na nowych drogach

Sadowski J. i Rybka E., Kosmografia

Sadowski J., Układ planetarny. P. Z. W. S. 1947

Iwanowska W., Budowa gwiazd P. Z. W. S. 1947

Jeans J. Niebo; astronomia dla laików

Jeans J., Wszechświat. Gwiazdy — Atomy — Mgławice

Jeans J., Nowy świat fizyki

Mergentaler J., Droga mleczna P. Z. W. S. 1947

Opolski A., Atlas astronomiczny P. Z. W. S. 1947

Rybka E., Astronomia dla liceum matem.-fizycz. i przyr. P. Z. W. S. 1947

Rybka E., Wiadomości z astronomii dla II ikl. lic. hum. P. Z. W. S. 1946

Rybka E., Energia atomowa w gwiazdach. P. Z. W. S. 1946

Urania. Czasopismo astronomiczne

Weysenhof, Białobrzeski, Wertenstein i Szczeniowski, Od gwiazdy do atomu.

Cena 75,— zł

P A Ń S T W
WYDAWNICTW



Z A K Ł A D Y
S Z K O L N C H

polecają książki z zakresu

FIZYKI, CHEMII, ASTRONOMII

PODRĘCZNIKI

Bąkowski S. — Fizyka. Podręcznik dla I ki. liceum pedagogicznego

Biernacki St. — Zbiór *zadań* z fizyki (z wynikami). Podręcznik dla III i IV ki. gimnazjum ogólnokształcącego

Fotyma Cz., Ścisłowski Cz. — Fizyka. Podręcznik dla VI ki. szkoły podstawowej

Rybka E. — Astronomia. Podręcznik dla liceum matematyczno-przyrodniczego

Rybka E. — Wiadomości z astronomii. Podręcznik dla liceum humanistycznego i klasycznego

Turkiewicz E. — Świat chemii. Opr. Wł. Lewicki. Podręcznik dla VIII ki. szkoły podstawowej i dla III ki. gimnazjum ogólnokształcącego

BIBLIOTECZKA FIZYCZNO-ASTRONOMICZNA

Białobrzeski Cz. — Czym jest materia

Blaton J. — Energia jądra atomowego

Iwanowska W. — Budowa gwiazd

Mergentaler J. — Droga mleczna

Rybka E. — Energia atomowa w gwiazdach

Szczeniowski Sz. 4- Budowa jądra atomowego

Ścisłowski Wł. — Promieniotwórczość naturalna i sztuczna

Twarowska B. — Promienie kosmiczne

Zonn Wł. — Budowa wszechświata