

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

Dzień dobry, nazywam się Jarosław Pióro, witam Was w czwartym odcinku mojego astronomicznego podcastu.

Dziś opowiem Wam o obiecanych Perseidach - oraz ogólnie o rojach meteorów.

Zacznijmy od rzeczy podstawowych i najprostszych. Meteor i meteoryt. Meteor to niewielki obiekt pochodzenia kosmicznego, który wchodzi w atmosferę ziemską. Czasami odróżnia się zjawisko przelotu takiego obiektu od samego obiektu i nazywa się taką niewielką kosmiczną skałką meteoroidem, a słowo "meteor" oznacza samo zjawisko przelotu. Jeśli skałka przetrwa przelot i spadnie na Ziemię, to wtedy staje się meteorytem.

Ślady przelotów meteorów przez atmosferę Ziemi nazywa się często "spadającymi gwiazdami". Oczywiście nie są to żadne spadające gwiazdy. Gwiazdy to w znakomitej większości obiekty olbrzymie, znacznie większe od Ziemi. Gdyby gwiazda spadła na Ziemię, to po prostu pochłonęłaby naszą planetę, praktycznie bez jakichkolwiek efektów dla samej gwiazdy. Byłoby to trochę tak, jakby słoń usiadł na komarze - słoń nawet by tego nie zauważył, a dla komara zdarzenie zakończyłoby się śmiercią. Jasność typowego meteoru rzeczywiście jest podobna do jasności gwiazd na niebie i mogłoby się wydawać, że jedna z nich oderwała się od firmamentu i spadła. Tymczasem typowe rozmiary tych "spadających gwiazd" są rzędu milimetra - czyli wielkości ziarenka piasku. Od lat organizuję wspólne obserwacje rojów meteorów i ta informacja nieodmiennie budzi zdumienie - rzeczywiście, dziwne to trochę, że taka mała kruszynka jest w stanie wywołać tak spektakularny efekt wizualny. Zwłaszcza, gdy zdamy sobie sprawę, z jakiej odległości obserwujemy to zjawisko - przelot meteoru dostrzegamy zazwyczaj, gdy ziarenko znajduje się w górnych warstwach atmosfery, ok. 70 km nad Ziemią. Z siedemdziesięciu kilometrów widzimy rozżarzone ziarenko piasku - niezłe, co?

Skąd biorą się te drobinki? Większość rojów meteorów jest rezultatem regularnych przelotów tzw. komet okresowych. Znakomita większość komet w naszym układzie rezyduje w tzw. Obłoku Oorta - najdalszej rubieży, pozostałości po obłoku materii, z której pięć miliardów lat temu powstał Układ Słoneczny, położonej jeszcze dalej, niż Pas Kuipera.

Poświęćmy trochę czasu tym trzem składowym Układu Słonecznego. Wewnętrzną warstwę tworzą planety - po Słońcu największe ciała w Układzie, które krążą wokół macierzystej gwiazdy praktycznie w jednej płaszczyźnie. Druga warstwa to Pas Kuipera. Te obiekty leżą nieco dalej, są mniejsze, a ich orbity średnio odpowiadają ekliptyce, jednak potrafią być do niej nachylone znacznie bardziej, niż orbity planet. Ostatnią warstwą jest Obłok Oorta. Tu już nie widać wyraźnej korelacji pomiędzy ekliptyką a orbitami ciał. Większość masy obiektów z Obłoku Oorta tworzy zamrożony dwutlenek węgla i woda, w które wmrózone są skaliste drobinki. Ciała te okrążają Słońce w bardzo dużej odległości, zamrożone na kość. Od

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

czasu do czasu jednak zdarza się, że coś wytrąca je z takiego powolnego przemierzania tych chłodnych rejonów - zbliżą się jedno do drugiego i zmieniają pod wpływem własnej grawitacji swoje orbity, czasami dojdzie do zderzenia, od czasu do czasu niedaleko Układu przemknie jakiś masywny obiekt w rodzaju brązowego karła czy jakiejś innej gwiazdy - i wtedy taka kometa zaczyna spadać w stronę Słońca, zwiększając swoją prędkość. Podczas przejścia przez peryhelium, czyli punkt najbliższy Słońcu, osiągają prędkość rzędu kilkudziesięciu km/s, a następnie wracają, skąd przyszły, stopniowo wytracając swoją prędkość. Być może kiedyś powrócą w pobliże planet, nie sposób jednak tego przewidzieć - ich podróż potrwa wiele tysięcy lat, a pojawiające się po drodze perturbacje, związane z wpływem innych ciał na ich trajektorie, czynią takie przewidywania bezsensownymi.

Ciała takie w swojej drodze ku Słońcu zwiększają swoją temperaturę - nie dlatego, że rozgrzewają się od tarcia - przestrzeń kosmiczna jest pusta, to próżnia doskonalsza od tych, które wytwarzamy w ziemskich laboratoriach - lecz po prostu są coraz bliżej tego ogromnego ogniska, które płonie w środku naszego systemu. Kiedy przekroczą orbitę Jowisza, temperatura ich powierzchni zaczyna sięgać osiemdziesięciu stopni Celsjusza poniżej zera. Jest to wystarczająco, by zaczął parować zamrożony dwutlenek węgla, uwalniając przy okazji uwięzione w nim drobinki. Wywiewany przez ciśnienie światła słonecznego gaz i pył tworzą dwa warkocze - gazowy i pyłowy. Gdy kometa zbliży się do Słońca na odległość mniejszą niż ta, w której krąży Ziemia, temperatura jądra komety rośnie powyżej zera stopni Celsjusza, zaczyna parować woda i warkocz komety staje się jeszcze bardziej intensywny. Po przelocie zostają uwolnione drobinki, które poruszają się początkowo po tym samym torze i z tą samą prędkością, co sama kometa, jednak z czasem na skutek ciśnienia promieniowania światła słonecznego i wpływu grawitacyjnego masywniejszych obiektów ulegają pewnemu rozproszeniu.

Od czasu do czasu zdarza się, że kometa w drodze ku Słońcu lub w trakcie wycofywania się na z góry upatrzone pozycje przejdzie blisko którejś z planet - i wtedy na skutek wpływu grawitacyjnego planety jej orbita ulegnie zmianie - czasami wydłużeniu, co może skutkować wystrzeleniem jej z Układu Słonecznego, a czasami skróceniu - i wtedy taka kometa nie wraca już do Obłoku Oorta, lecz pozostaje wewnątrz Układu i staje się kometa okresową, dla której możemy wyliczyć w miarę dokładnie daty kolejnych powrotów w pobliże Słońca. Za każdym takim przelotem pozostawia na swojej orbicie interesujące nas w tym odcinku okruszki.

Na stronie Minor Planet Center Międzynarodowej Unii Astronomicznej możecie sprawdzić statystyki, dotyczące zaobserwowanych dotychczas komet - było ich 4107, z czego niecałe czterysta to komety okresowe.

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

Jeśli zdarzy się tak, że orbita komety okresowej przecina się z orbitą Ziemi wokół Słońca, to raz w roku Ziemia trafia w obszar, w którym po orbicie komety podróżują pozostawione przez nią śmieci. To one właśnie są źródłem rojów meteorów.

Skąd bierze się światło, które widzimy? Na niebie możemy dostrzec obiekty, których mechanizm świecenia możemy podzielić na dwie grupy. W pierwszej grupie znajdują się te obiekty, które świecą same z siebie - czyli gwiazdy. No, możemy do niej zaliczyć również światła samolotów. W drugiej - obiekty, które świecą, bo zapożyczają światło od innych obiektów. Odbijają je, jak lepsze czy gorsze lusterka. Do tej kategorii wpadną planety, Księżyc, sztuczne satelity Ziemi, komety - których ogon rozprasza światło Słońca. A meteory? Świecą same z siebie, swoim własnym światłem. Skąd te małe drobinki biorą na to energię?

Cały proces zaczyna się od energii potencjalnej komety, która krąży daleko od Słońca. Gdy zaczyna spadać do środka Układu Słonecznego, jej prędkość stopniowo rośnie, by w pobliżu orbity Ziemi osiągnąć 40 km/s. Pozostałości po komecie, na które trafia Ziemia, poruszają się względem Słońca z taką właśnie prędkością. Sama Ziemia nie jest jednak nieruchoma - biegnie po swojej orbicie z prędkością 30 km/s. Prędkość wejścia meteoru w atmosferę Ziemi może sięgać więc 70 km/s, jeśli zderzenie jest czołowe, lub być nieco mniejsza, jeśli wektory prędkości Ziemi i pyłków nie mają tego samego kierunku i przeciwnych zwrotów. Perseidy, które już można na niebie obserwować, wchodzą w atmosferę z prędkością ok. 60 km/s, czyli ok. 200 tys. km/godz.

We wzorze na energię kinetyczną masa jest w pierwszej potęgze, a prędkość jest podniesiona do kwadratu - ciało dwa razy bardziej masywne ma energię dwa razy większą, ale ciało dwa razy szybsze ma energię czterokrotnie większą. Spróbujmy porównać energię kinetyczną takiego maleńkiego meteoru z energią kuli karabinowej. Z jednej strony milimetrowa drobinka, zbudowana, powiedzmy, z krzemionki, z drugiej strony pocisk do AK-47. Najpierw porównajmy masy. Ciężar właściwy krzemionki to około 2,3 g/cm³. W centymetrze sześciennym zmieści się tysiąc milimetrowych ziaren, więc masa jednego ziarna to te 2,3 g podzielone przez tysiąc. Masa pocisku do kałasznikowa to 8 g. Pocisk jest więc 3,5 tys. razy cięższy od meteoru. Teraz porównajmy prędkości. Prędkość pocisku przy wylocie lufy to 700 m/s, a meteoru z roju Perseidów - 60 km/s, więc jakieś 85 razy więcej. Prędkość jednak podnosimy do kwadratu, a 85 do kwadratu to będzie około 7000. Czyli czynnik masy działa 3500 razy bardziej na rzecz pocisku, ale czynnik prędkości działa 7000 razy bardziej na rzecz meteoru. Meteor uderzyłby w Waszą głowę z energią dwukrotnie większą, niż pocisk z kałacha.

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

Cała ta energia uwalnia się w bardzo krótkim czasie, rzędu sekundy. Meteor zaczyna świecić gdzieś na wysokości 70 km nad Ziemią, a po sekundzie już go nie ma - wyparuje, zanim osiągnie powierzchnię.

Jak już może zauważyliście, bardzo lubię drobne obliczenia, taka prosta matematyka to frajda, pozwala szybko coś ocenić. Mógłbym po prostu powiedzieć - energia meteoru jest rzędu energii kuli karabinowej, ale może, słuchaczu, starałeś się śledzić moje proste obliczenia, które spokojnie można wykonywać w głowie, a wtedy może Twoje rozumienie tego, co się dzieje, będzie głębsze - taką mam nadzieję. Zresztą, to mój podcast, zdecydowałem się na jego nagrywanie w sumie dla własnej przyjemności, a takie mnożenia i dzielenia bardzo mnie jarają, więc - jedziemy dalej!

Oszacujmy początkową energię kinetyczną meteoru. Masa - 2,3 g podzielone na tysiąc, czyli 2,3 razy dziesięć do minus szóstej kilograma - przechodzę na jednostki SI, bo chcę dostać wynik w dżulach. Prędkość - 60 km/s, czyli sześć razy dziesięć do czwartej m/s. Do kwadratu to będzie 36 razy dziesięć do ósmej, czyli 3,6 razy dziesięć do dziewiątej. Razy masa, czyli $3,6 \times 2,3$, to będzie około ośmiu, a dziesięć do minus szóstej razy dziesięć do dziewiątej to dziesięć do trzeciej. Wynik trzeba jeszcze podzielić przez dwa, bo we wzorze na energię kinetyczną mamy dwójkę w mianowniku, otrzymujemy więc cztery razy dziesięć do trzeciej dżula, czyli cztery tysiące dżuli.

Co się stanie, gdy całą tę energię na skutek tarcia wykorzystamy do podgrzania tego ziarenka piasku? Ciepło właściwe krzemionki to $800 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{st. C})$. Energii wystarczyłoby więc do podgrzania kilograma krzemionki o 5 stopni Celsjusza. My mamy jednak nie kilogram, a czterysta tysięcy razy mniej - czyli moglibyśmy to ziarenko podgrzać o dwa miliony stopni Celsjusza. Część energii pójdzie na przemiany fazowe - topnienie i parowanie, duża część zostanie oddana powietrzu, a część wyemitowana jako światło przez rozgrzaną do temperatury kilku tysięcy stopni powierzchnię meteoru. Do roztopienia meteoru wystarczy malutki ułamek jego początkowej energii.

To fizykę zjawiska mamy omówioną, porozmawiajmy teraz o samych Perseidach. Ich matką jest kometa 109P/Swift-Tuttle. Swift i Tuttle to nazwiska jej odkrywców, zaś 109P na początku nazwy oznacza, że jest to sto dziewiąta kometa okresowa, odkryta przez człowieka. Oznaczenie 1P przysługuje słynnej komecie Halleya, pierwszej komecie, zidentyfikowanej jako okresowa.

Kometa Swift-Tuttle wraca w pobliże Słońca raz na 133 lata. Podczas ostatniego przelotu w 1992 roku była widoczna w lornetkach, jej następny przelot w 2126 roku będzie widoczny gołym okiem, warto więc zadbać o swoje zdrowie, by doczekać przyjemności jej naocznej obserwacji. Jej jądro ma ok. 25 km średnicy. Za każdym przelotem po trosze wyparuje - z

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

jej powierzchni znika około metra lodu, uwalniając kolejne pyłki. To co - czas na kolejne wyliczenia? Jeśli kometa odparowuje metr za każdym przelotem, to do odparowania całości potrzeba będzie 25 tys. przelotów. Za jakieś trzy miliony lat kometa więc całkowicie wyparuje. Jak widzicie, komety mają pewien okres przydatności. Tak naprawdę to zupełnie możliwe, że wewnątrz komety z jej elementów utworzyło się stałe, porowate jądro. Poszukajcie w Internecie zdjęć księżycy Saturna, Hyperiona, wykonanych przez sondę Cassini - być może po odparowaniu większych komet pozostaje po nich coś takiego właśnie, takie pumeksowe cudo.

Skąd Perseidy biorą swoją nazwę? Gdybyście na obserwacje wzięli mapkę nieba i pozaznaczali na niej ślady przelotu meteorów, to zauważycie, że wydają się wybiegać z jednego punktu, zwanego radiantem, czyli z łaciny - punktem promieniowania. Ten punkt znajduje się w gwiazdozbiornie Perseusza, stąd i nazwa roju.

Dlaczego meteory wydają się wybiegać z jednego punktu? Jest to spowodowane perspektywą. Przypomnijcie sobie, jak w zimową noc podczas opadów śniegu jedziecie samochodem. Wydaje się, że płatki śniegu rozbiegają się na wszystkie strony z punktu, do którego zmierza samochód. Podobny efekt widzieliście w filmach z serii "Gwiezdnych wojen" - podczas przechodzenia w nadprzestrzeń gwiazdy rozbiegały się na wszystkie strony.

Wróćmy do samochodu i płatków śniegu. Prędkość samochodu jest znacznie większa od prędkości opadania płatków, jednak ich prędkość nie jest zerowa, więc punkt, z którego nadlatują płatki, jest przesunięty troszeczkę nad jezdnię. Podobnie, jeśli wieje silny wiatr z lewej lub prawej strony samochodu, to "radiant" śniegowy będzie przesunięty odpowiednio w lewo lub w prawo. Radiant roju meteorów pokazuje w przybliżeniu kierunek, w którym w danej chwili zmierza Ziemia w swej drodze wokół Słońca, jednak meteory mają swój własny ruch po orbicie, dlatego położenie radiantu nie odpowiada dokładnie kierunkowi ruchu Ziemi. Droga Ziemi wokół Słońca to ekliptyka, więc gdyby meteory nie posiadały własnej prędkości wokół Słońca - co jest niemożliwe, bo spadłyby po prostu na Słońce - to wszystkie radianty leżałyby na ekliptyce.

Jak to wygląda w przypadku Perseidów? Mamy sierpień i Słońce świeci na tle gwiazdozbiornu Raka. Wektor prędkości Ziemi jest skierowany pod kątem prostym do kierunku na Słońce, więc celuje - gdzie? Wystarczy odliczyć trzy gwiazdozbiory zodiakalne - Bliźnięta, Byk, Baran - Ziemia leci w kierunku Barana. Perseusz nie leży na ekliptyce, jednak graniczy z Baranem. Przesunięcie radiantu w stosunku do ekliptyki czy też dokładniej w stosunku do punktu, leżącego o 90 stopni za Słońcem na ekliptyce, pokazuje nam względną prędkość roju meteorów w stosunku do ruchu orbitalnego Ziemi.

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

Został nam jeszcze jeden termin do wyjaśnienia - ZHR. Skrót ten bierze się od angielskiego "Zenithal Hourly Rate", czyli Zenitalne Tempo Godzinne. Dla każdego roju wyznacza się jego ZHR, czyli obfitość. Dla Perseidów ZHR wynosi ok. 60. Oznacza to, że przy ciemnym niebie w ciągu godziny byłibyśmy w stanie dostrzec 60 meteorów, gdyby radiant roju znajdował się w zenicie, czyli - w idealnych warunkach średnio raz na minutę przelatowałby jakiś meteor.

W praktyce bardzo trudno oczekiwać takich rezultatów. Po pierwsze, Perseusz obecnie po zachodzie Słońca znajduje się na wysokości ok. 30 stopni nad horyzontem i do zenitu mu daleko - jednak sytuacja poprawia się z każdą godziną i o 03:30 nad ranem, gdy niebo jest jeszcze dosyć ciemne, radiant wznosi się już 65 stopni nad horyzontem. Nie jest to jednak zenit i część przelotów wypada pod linią horyzontu, a więc ich nie zobaczymy.

Drugim czynnikiem, ograniczającym liczbę zauważonych meteorów, jest fakt, że nie jesteśmy w stanie obserwować całego nieba - a więc niektóre przeloty, mimo że widoczne, nam umkną. Radą na to jest prowadzenie obserwacji w większej grupie.

Trzecim ograniczającym czynnikiem jest jasność nieba. W miastach jest ogólnie fatalnie duża, ale i w mniejszych miejscowościach zaśmiecenie nieba światłem lamp powoduje, że słabszych przelotów nie zobaczymy. Jasność nieba zależy również od jasności Księżyca, dlatego najlepiej, gdy maksimum roju wypada na now. Niestety, nie mamy tu wiele do powiedzenia - w tym roku maksimum Perseidów wypada na okres pomiędzy pierwszą kwadrą a pełnią i jasny Księżyc będzie przeszkadzał w obserwacjach. Jeśli uda Wam się w ciągu godziny zobaczyć kilkanaście przelotów, to będzie to sukces.

Przejdźmy do omówienia obserwacji tegorocznych Perseidów. Najlepiej na obserwacje wybrać miejsce o ciemnym niebie. Lepiej obserwacje zacząć jak najpóźniej - Perseusz będzie coraz wyżej, a Księżyc będzie chylił się ku zachodowi i będzie mniej przeszkadzał. Maksimum intensywności roju przypada między 11. a 13 sierpnia - lepiej na obserwacje wybrać noc z 11. na 12. sierpnia, bo Księżyc będzie wtedy nieco mniejszy i szybciej zajdzie.

Najlepiej położyć się wygodnie w pozycji horyzontalnej, z głową w kierunku południowo-wschodnim, tak, by wzrok obejmował zarówno rejon radiantu, jak i zenit, przy czym radiant najlepiej mieć z lewej strony pola widzenia - im bardziej na południe patrzymy, tym niebo jest ciemniejsze i większa szansa na dostrzeżenie meteorów.

Obserwujemy gołym okiem. Miejsce kolejnego przelotu jest nieprzewidywalne, a pole widzenia jakiegokolwiek sprzętu za wyjątkiem obiektywu "rybie oko" zbyt ograniczone. Warto jednak zaopatrzyć się w lornetkę. Po przelocie meteoru zostaje na niebie smuga - przy

Adres podcastu: <https://pioro.me/podcast>

Adres podcastu na Spotify: <https://open.spotify.com/show/3vPcnyzzgrLx4scjwfaTt8>

Autor podcastu: Jarosław Pióro, jarek@pioro.me

Transkrypt podcastu nr 004: "O spadających gwiazdach".

Data publikacji: 3 sierpnia 2019 r.

większych z nich, zwanych bolidami, widoczna wyraźnie gołym okiem, przy słabszych - dostrzegalna w lornetce przez kilkadziesiąt sekund po przelocie.

Od czasu do czasu uda Wam się zarejestrować przelot, którego przedłużenie nie będzie celowało w Perseusza. To przybłąda, meteor spoza roju Perseidów, pozostawiony przez jakąś inną kometę.

Należy ubrać się ciepło, noce są już chłodniejsze, a bezruch podczas obserwacji nie pomaga. Warto wziąć koc i coś ciepłego do picia w termosie.

Ja sam planuję zorganizować obserwacje w nocy z 10. na 11. sierpnia, to jest z soboty na niedzielę. Nie będzie to ściśle maksimum, ale za to w niedzielę będzie można odespać. Rozpoczniemy, o ile pozwoli pogoda, o 23:00. Zdamy jeszcze popatrzeć na Jowisza, Księżyc i Saturna w teleskopie, a następnie oddamy się liczeniu meteorów. Zazwyczaj wyznaczamy osobę do prowadzenia rachuby dostrzeżonych przelotów oraz drugą osobę do zliczania bolidów. Staramy się obserwować dokładnie przez godzinę.

Zapraszam Was na stronę naszej grupy na Fejsbuku - wystarczy wpisać "AstroPomorze". Znajdziecie tam wydarzenie, związane z obserwacją Perseidów. Na stronie pioro.me możecie odsłuchać czy pobrać wszystkie odcinki tego podcastu oraz zostawić komentarz. Są tam również dostępne transkrypty każdego odcinka. Sam podcast jest dostępny do odsłuchania zarówno w serwisie Spotify, jak i Google Podcasts - wystarczy wyszukać frazę "Astronomiczny podcast Jarka Pióro." Życzę Wam czystego nieba. Do usłyszenia!