

Odpowiedź na pytanie postawione w tytule mogłaby być bardzo krótka. Obserwacje meteorów są proste, relaksują, zbliżają do natury, pozwalają bezpośrednio obcować z pięknym nocnym niebem i nie wymagają żadnego specjalistycznego sprzętu. To już wystarczająco obfity zestaw zalet, aby pomyśleć o nich poważnie. Okazuje się jednak, że obserwacje meteorów mają jeszcze jedną, najważniejszą chyba, zaletę – wykonane nawet amatorskimi metodami są naukowo użyteczne.

Co więc wynika ze zwykłej obserwacji meteorów? Zanim odpowiemy na to pytanie, musimy powiedzieć kilka słów o tym, co rozumiemy pod pojęciem zwykłej obserwacji. Cały poniższy tekst będzie dotyczył więc wizualnych obserwacji, czyli takich, których dokonujemy przy użyciu „gołego” oka. Podczas obserwacji, oprócz opisu warunków atmosferycznych (dobrze scharakteryzowanych przez tzw. widoczność graniczną LM , czyli jasność najślabszych gwiazd dostrzegalnych gołym okiem), musimy dla każdego obserwowanego zjawiska określić jasność i prędkość, a także naszkicować trasę na specjalnej mapie nieba o odwzorowaniu gnomonicznym. Prędkość meteoru i jego trasa pozwolą na określenie przynależności do aktywnych danej nocy radiantów. Liczba odnotowanych meteorów i ich jasność okażą się niezbędne do powiedzenia czegoś o rozkładzie masy w strumieniu meteoroidów i gęstości przestrzennej cząstek w przestrzeni kosmicznej.

Bardzo łatwą do oceny wielkością jest także kolor obserwowanego zjawiska. Określając go, jesteśmy w stanie powiedzieć coś o składzie chemicznym meteoroidów wchodzących w ziemską atmosferę. Najczęściej będziemy obserwowali meteory białe lub żółte, ale zdarzają się też zielone, czerwone, niebieskie, pomarańczowe, jak i mieszane, np. biało-niebieskie czy biało-czerwone. Kolor zielony sugeruje dużą zawartość magnezu, pomarańczowy i żółty sodu, a mniej intensywne kolory, na przykład żelazo i wapń.

Zacznijmy jednak od rozkładu jasności obserwowanych zjawisk. Sam w sobie jest on jeszcze mało przydatny. Wiadomo bowiem, że w kiepskich warunkach trudno będzie zobaczyć meteory o małych jasnościach. Z drugiej strony bolidy o jasności Wenus zaobserwujemy bez względu na to, czy prowadzimy obserwacje w centrum obfitości oświetlonego miasta, czy też na wsi z dala od latarni miejskich. Musimy więc w obserwowanym rozkładzie jasności wziąć pod uwagę warunki panujące podczas obserwacji. Robimy to, używając wyznaczonych empirycznie prawdopodobieństw odnotowania meteoru w danych warunkach atmosferycznych. Jako wynik uzyskamy prawdziwy rozkład jasności $N(m)$. Kolejną potrzebną nam wielkość $\Phi(m)$ definiujemy jako liczbę meteorów o jasności m magnitudo i jaśniejszych. Za pomocą wzoru możemy to zapisać następująco

$$\Phi(m) = \sum_{k=-\infty}^m N(k).$$

Teraz już zdefiniujemy współczynnik masowy r :

$$r = \frac{\Phi(m+1)}{\Phi(m)}.$$

Wielkość ta jest stała w przedziale jasności meteorów obserwowanych wizualnie, tzn. dla m z przedziału od -5 do 5 mag. Mówiąc inaczej, liczba meteorów o jasności $m+1$ jest zwykle r razy większa od liczby meteorów o jasności m . Dla rojów meteorów r zawiera się zwykle pomiędzy 2 a 3 , a dla meteorów sporadycznych wynosi około 3 . Ciekawą własnością współczynnika r jest to, że przeważnie w maksimum aktywności roju osiąga on swoje minimum, co świadczy o tym, że możemy wtedy obserwować dużo jasnych meteorów (spowodowanych przez masywne cząstki).

Znając już r , a także określając podczas obserwacji liczbę n meteorów obserwowanych w ciągu godziny, widoczność graniczną LM , a także znając wysokość h radiantu roju nad horyzontem, możemy zdefiniować Zenitalną

Równoleżniki na tej mapie są hiperbolami kreślonymi np. przez koniec cienia pionowego słupka (gnomonu), rzucanego na poziomą płaszczyznę. Tylko na takiej mapie tory meteorów (na niebie: luki kół wielkich) są odcinkami prostych.



Rozwiązanie zadania F 549.
Z prawa załamania mamy, że

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_1,$$

gdzie α jest kątem padania, a β załamania. Aby nastąpiło całkowite wewnętrzne odbicie na granicy szkła i wody, musi być spełniony warunek

$$\sin \beta = \frac{n_2}{n_1}.$$

Stąd mamy, że kąt padania powinien spełniać warunek

$$\sin \alpha = n_1 \sin \beta = n_1 \frac{n_2}{n_1} = 1,33,$$

czyli $\sin \alpha > 1$, a więc taki kąt nie istnieje.

Nazwa współczynnika bierze się stąd, że w przypadku meteorów z jednego strumienia, poruszających się z taką samą prędkością, parametr r określa też rozkład masy cząstek.

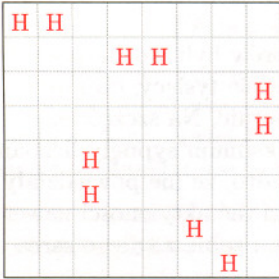




$$ZHR = \frac{n \cdot r^{6,5-LM}}{\sin h}$$

Rozwiązanie zadania M 956.

Oczywiście, szukana maksymalna liczba dla hetmanów jest nie większa niż owa liczba dla wież. Z zadania M 955 wynika więc, że liczba ta jest nie większa niż $\left\lfloor \frac{4 \cdot 8}{3} \right\rfloor = 10$. Na rysunku pokazano, jak można rozmieścić 10 hetmanów w żądany sposób.

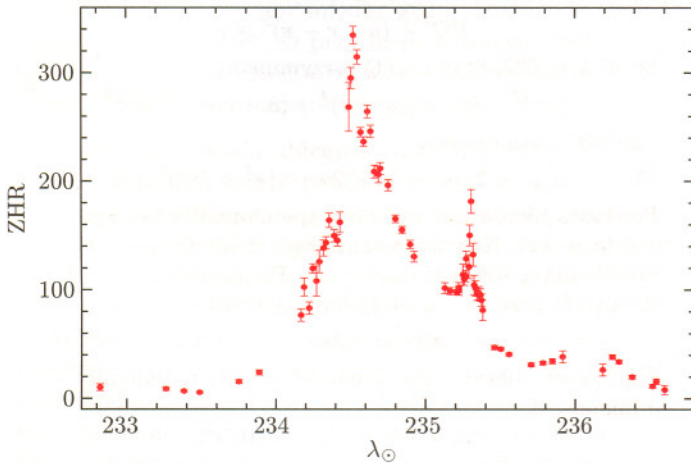


Mówiąc obrazowo, ZHR określa nam liczbę meteorów, jaką odnotowałyby jeden obserwator w ciągu godzinnej obserwacji, podczas której widoczność graniczna wynosiła 6,50 mag, a radiant roju był w zenicie.

Jaki użytek możemy zrobić z wartości r i ZHR? Oto przykład z życia wzięty. Leonidy znane są z deszczów meteorów, które pojawiają się z 33-letnią okresowością w latach, kiedy przez perihelium przechodzi kometa macierzysta tego roju – 55P/Tempel-Tuttle. 4 marca 1997 roku zaobserwowano kolejny powrót tej komety, która przeszła przez perihelium w końcu lutego 1998 roku.

W tym momencie wszyscy zastanawiali się, co będzie działo się w nocy z 17 na 18 listopada 1998 roku, kiedy Ziemia wpadnie w bardzo świeży pył wyrzucony z komety kilka miesięcy wcześniej. Maksymalnej aktywności oczekiwano, jak zwykle, w momencie maksymalnego zbliżenia Ziemi i orbity komety, co miało nastąpić 17 listopada między godziną 19 a 21 UT. Moment ten był bardzo korzystny dla obserwatorów we wschodniej Azji, nic więc dziwnego, że wielu europejskich miłośników astronomii wybrało się na wycieczki do Chin czy Mongolii.

Leonidy, jak każdy rój meteorów, uwielbiają jednak płatać niespodzianki. Nie inaczej było w roku 1998. Popatrzmy na rysunek, na którym mamy przedstawioną aktywność roju w listopadzie 1998 roku. Widać z niego bardzo



wyraźnie, że maksimum odnotowano w momencie o długości ekliptycznej Słońca $\lambda_{\odot} = 234^{\circ}517$ (co odpowiada godzinie 1:30 UT w nocy z 16 na 17 listopada) z $ZHR = 337 \pm 8$. Maksimum to wystąpiło więc około 18 godzin wcześniej niż oczekiwano! Cierpliwi obserwatorzy, którzy spoglądali w niebo w okolicach 19–21 UT także nie mogli narzekać. Dokładnie o godzinie 20:30 UT ($\lambda_{\odot} = 235^{\circ}31$) ZHR wyniosła 184 ± 11 .

Jak interpretować te obserwacje? Pomocna okazała się w tym względzie analiza współczynnika masowego r . Okazało się, że w pierwszym, bardzo wysokim i niespodziewanym maksimum, obserwowano w zasadzie tylko zjawiska jasne i bolidy, a prawie wcale nie odnotowano meteorów bardzo słabych.

Współczynnik r wyniósł wtedy bowiem tylko $1,19 \pm 0,02$. W drugim maksimum r podskoczył do poziomu 2,0. Tak rekordowo niska wartość r w pierwszym maksimum świadczy o tym, że związane jest ono z materiałem bardzo starym. Dokładne rachunki teoretyczne wykazały, że najprawdopodobniej materiał, który był odpowiedzialny za tę miłą niespodziankę, został wyrzucony z komety w XIV wieku. Od tego czasu wiatr słoneczny i ciśnienie promieniowania wymiotły z niego najlżejsze cząstki i w 1998 roku, w trakcie spotkania z Ziemią, w naszą atmosferę wpadły tylko meteoroidy najcięższe, dające w efekcie zjawiska bardzo jasne i bolidy. Wszystkie rachunki teoretyczne modelujące aktywność Leonid uwzględniały, jak dotychczas, cząstki wyrzucone z komety w ciągu ostatnich 200 lat. Nikt więc nie przewidział maksimum związanego z tak starym materiałem i dlatego było ono tak dużą niespodzianką.

W drugim maksimum, które wystąpiło mniej więcej w momencie największego zbliżenia orbity komety i Ziemi, słabych meteorów było już bardzo dużo, co świadczy o młodym wieku materiału, w który Ziemia wtedy wpadła.

Korzystając z ZHR i r , jesteśmy w stanie powiedzieć coś o gęstości przestrzennej meteoroidów z roju Leonid w 1998 roku. Zajmijmy się najpierw cząstkami cięższymi od $2,2 \cdot 10^{-5}$ g (czyli tymi, które mogą spowodować zjawiska jaśniejsze od 6,5 mag). W pierwszym i wysokim maksimum było ich około 60 na sześcian o krawędzi 1000 km. O dziwo, w drugim, niższym, jeśli chodzi o ZHR,

**Rozwiązanie zadania M 957.**

Rozważmy wszystkie możliwe rozstawienia figur na naszej szachownicy. Oszacujemy część p tych rozstawień, dla których pewna figura bije drugą (tak więc $0 \leq p \leq 1$). Nietrudno oszacować część rozstawień, dla których dana figura A bije daną figurę B : dla dowolnego położenia figury A , dla figury B istnieje $100^2 - 1 = 9999$ wolnych pól, z których co najwyżej 20 znajduje się pod biciem ze strony A ; tak więc część ta jest nie większa niż $\frac{20}{9999}$. Ponieważ zaś liczba par (uporządkowanych) figur (A, B) wynosi $20 \cdot 19 = 380$, więc $p \leq 380 \cdot \frac{20}{9999} < 1$, czyli rozstawienia, dla których żadna figura nie bije innej, istnieją.



maksimum, gęstość przestrzenna wyniosła aż 116 cząstek na taki sam sześciąt! Wynika więc, że z fizycznego punktu widzenia wyższe (obfitsze w cząstki) było drugie maksimum, czyli spowodowane przez młody materiał i które wystąpiło tuż po największym zbliżeniu orbit Ziemi i komety.

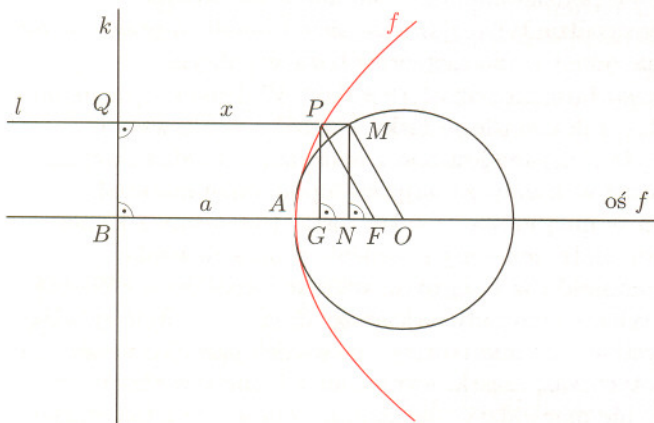
Gdy spojrzymy jednak na cząstki cięższe od 1 mg (powodujące zjawiska jaśniejsze od 2,7 mag), okaże się, że pierwsze maksimum charakteryzuje się gęstością przestrzenną 13 cząstek na sześciąt o boku 1000 km, a drugie jest ponad dwukrotnie niższe. Potwierdza to całkowicie fakty, które znamy już dzięki analizie współczynnika r , tzn. że w pierwszym maksimum obserwowaliśmy głównie cząstki masywne, a w drugim głównie lekkie.

Pomimo tak ciekawych wyników obserwatorzy meteorów byli trochę zawiedzeni. Trzysta meteorów na godzinę to nie kilka czy kilkanaście tysięcy, do których Leonidy w XIX i XX wieku zdążyły już nas przyzwyczaić. Na szczęście, w roku 1999 Leonidy pokazały, na co je stać, i w maksimum sypnęły liczbami godzinnymi przekraczającymi 3000. Wydaje się ponadto, że nie powiedziały one ostatniego słowa i w latach 2001–2002 możemy oczekiwać aktywności nawet rzędu 10 tysięcy meteorów na godzinę! Czego i Wam, i sobie z całego serca życzę!

Szanowna Redakcjo,

przedstawiam rozwiązanie problemu, dotyczącego środka krzywizny krzywej drugiego stopnia, postawionego w artykule „Tylko Pitagoras” w *Delcie* 1/2001.

Niech f będzie parabolą, elipsą albo hiperbolą. Wprowadzamy oznaczenia: k – kierownica krzywej f , F – jej ognisko, A – jej wierzchołek, B – punkt przecięcia osi krzywej f z kierownicą, O – środek okręgu stycznego do f w punkcie A , r – promień tego okręgu, M – dowolny punkt leżący na lewym półokręgu, l – prosta prostopadła do prostej k przechodząca przez punkt M , P – punkt przecięcia prostej l z krzywą f , Q – punkt przecięcia prostych l i k , G – rzut prostokątny punktu P na oś krzywej f , N – rzut prostokątny punktu M na oś krzywej f , $AB = a$, $PF/PQ = s$, $AF/AB = s$, $QP = x$ (a , s i x to dane liczby dodatnie).



Z twierdzenia Pitagorasa dla trójkąta PGF mamy $PG^2 + GF^2 = PF^2$, czyli $PG^2 + (BF - QP)^2 = PF^2$, $PG^2 + (BA + AF - QP)^2 = PF^2$,

$$(1) \quad PG^2 + (a + sa - x)^2 = (sx)^2.$$

Z twierdzenia Pitagorasa dla trójkąta MNO mamy $MN^2 + NO^2 = MO^2$, czyli

$$(2) \quad MN^2 + (BO - QM)^2 = MO^2.$$

Warunkiem na to, aby okrąg $o(O, r)$ nie przecinał krzywej f , jest nierówność $QM \geq QP$ (punkt P leży

między punktami Q i M). Stąd i z (2) otrzymujemy $MN^2 + (BO - QP)^2 \geq MO^2$, czyli

$$PG^2 + (a + r - x)^2 \geq r^2,$$

bo $MN = PG$. Stąd i z (1) otrzymujemy

$$(sx)^2 - ((1 + s)a - x)^2 + (a + r - x)^2 \geq r^2$$

i po przekształceniach

$$(3) \quad s^2x^2 + 2(sa - r)x + 2ar - (s^2 + 2s)a^2 \geq 0.$$

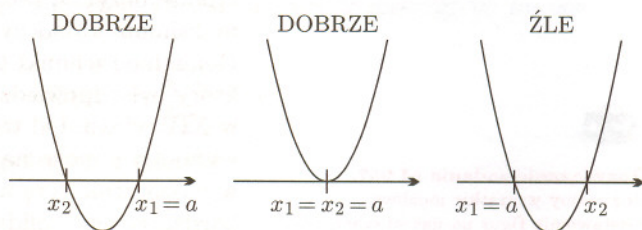
Powyższa nierówność musi być spełniona dla każdego $x \in (a, a + r)$. Nietrudno zauważyć, że nierówność (3) przechodzi w równość dla $x_1 = a$. Po podzieleniu lewej strony (3) przez $x - a$ otrzymujemy rozkład

$$(x - a)(s^2x + 2sa - 2r + s^2a).$$

Stąd łatwo obliczyć drugie miejsce zerowe trójmianu, a mianowicie

$$x_2 = (2r - 2sa - s^2a)/s^2.$$

Wobec tego, że lewa strona (3) ma być nieujemna, musi być $x_2 \leq a$, co wynika z wykresów



Tym samym $(2r - 2sa - s^2a)/s^2 \leq a$, skąd $r \leq (s^2 + s)a$. Z określenia promienia krzywizny (maksymalizujemy r) wynika, że $AO = r = (s^2 + s)a = (s + 1)sa$. Ponieważ $AF = sa$, więc $AO = (s + 1)AF$.

Uwagi

1. Dla paraboli ($s = 1$) otrzymujemy wyprowadzoną w artykule równość $AO = 2AF$.
2. Ponieważ $s > 0$, więc $AO > AF$ dla dowolnej krzywej drugiego stopnia, czyli środek krzywizny wierzchołka A leży poza odcinkiem łączącym wierzchołek A z ogniskiem F .

Witold BEDNAREK