

## LEONIDY 1999

### 1 Obserwacje wizualne

#### 1.1 Dane obserwacyjne i prognozy

Zeszłoroczna aktywność Leonid spowodowała obfity napływ obserwacji do IMO. Do 8 XII 1999 r. napłynęły dane z 38 krajów od 434 obserwatorów, którzy łącznie zaobserwowali 27 172 Leonid w 110 806 przedziałach czasowych.

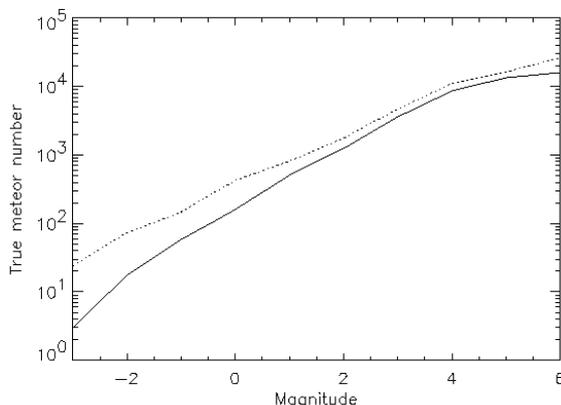
Prognozy co do maksimum zostały przedstawione przez cztery niezależne źródła - w pracach: Konratieva i Reźnikow (1), Asher i McNaught (2) (maksimum 18 listopada  $2^h 02^m$  UT,  $\lambda_{\odot} = 235.29^{\circ}$ ), Brown ( $2^h 20^m$  UT,  $\lambda_{\odot} = 235.30^{\circ}$ ) (3) oraz Emel'yanenko (4). We wszystkich tych modelach, najwyższa aktywność jest powodowana przez materiał naniesiony przez kometę 55P/Tempel-Tuttle podczas powrotu w 1899 roku, a dodatkowo w modelu (3) uwzględniono wysoką aktywność wynikającą z powrotów w latach 1932 i 1965. Inne spodziewane i niższe wzrosty aktywności przedstawiono w Tabeli I.

Tabela I

MODEL	POWRÓT	CZAS (UT)	$\lambda_{\odot}$
Emel'yanenko (4)	3	18 XI 17:00	235.91
Brown	4	18 XI 18:50	236.00
Asher i McNaught (2)	4	18 XI 19:55	236.04
-II-	5	18 XI 21:59	236.14
-II-	6	18 XI 22:40	236.16

#### 1.2 Rozkład współczynnika $r$

Zwykle aby obliczyć dokładne wartości ZHR, musimy dobrze znać wartości współczynnika masowego  $r$ . Duża ilość Leonid pozwoliła na dokładne obliczenie rozkładu współczynnika  $r$  w czasie. Do wyznaczenia tegoż parametru wykorzystano dwie metody. W pierwszej  $r$  otrzymujemy dopasowując linię prostą do zlogarytmowanego rozkładu jasności, poprawionego wcześniej współczynnikami spostrzegawczości. Druga metoda korzysta z zależności  $r$  od odległości średnia jasność – widoczność graniczna (należy tu zauważyć fakt, że średnia jasność sama w sobie nie dostarcza prawidłowych wartości  $r$  ponieważ bardzo znacząco wpływają na nią warunki obserwacji).



Rys 1. Poprawiony o współczynniki percepcji rozkład jasności.

W pierwszej metodzie  $r$  wyniosło około 2.3 dla okresu  $\lambda_{\odot} = 235.2 - 235.4^{\circ}$ , a w drugiej metodzie  $r \approx 2.7$  w pobliżu okresu  $\lambda_{\odot} \approx 235.29^{\circ}$ .

Leonidy mają bardzo dużą prędkość geocentryczną równą 71 km/s, co powoduje że cząstki ważące około  $\sim 10^{-5}$  grama powodują zjawiska widoczne gołym okiem. W rozkładach jasności dla Leonid brakuje jednak słabych zjawisk (4 mag i niżej), choć niektórzy obserwatorzy donosili o dużej ilości słabych meteorów. Rys. 1 pokazuje prawdziwą ilość meteorów z uwzględnionymi współczynnikami percepcji dla 20 najbardziej doświadczonych obserwatorów (w skali logarytmicznej), linia ciągła odnosi się do okresu  $\lambda_{\odot} = 235.2 - 235.3^{\circ}$ , a kropkowana do  $\lambda_{\odot} = 235.3 - 235.4^{\circ}$ .

Wobec przedstawionych powyżej faktów do dalszych obliczeń ZHR przyjęto  $r = 2.3$  i użyto obserwacji z widocznością graniczną pomiędzy 6.0 a 7.0. Dzięki temu nawet gdy błąd wyznaczenia  $r$  wyniesie 0.5 to sumaryczne błędy ZHR są i tak tylko rzędu 10 procent.

### 1.3 Wysoka aktywność

Duża liczba raportów przesłanych do komisji wizualnej IMO oraz ich szczegółowość pozwoliła na bardzo dokładne obliczenie ZHRów z bardzo dużą rozdzielczością czasową wynoszącą aż od 1.4 do 2.8 minuty.

Używanie tak krótkich odcinków czasowych powoduje kolejny problem. Otóż, w tym przypadku, trzeba uwzględnić fakt, że obserwatorzy w jednej części globu znajdują się w danej chwili w troszkę innym miejscu smugi pyłu niż obserwatorzy znajdujący się w innej części globu. Sprowadza się więc ten problem do hipotetycznego obserwatora, który znajduje się w centrum kuli ziemskiej (tzw. poprawka topocentryczna).

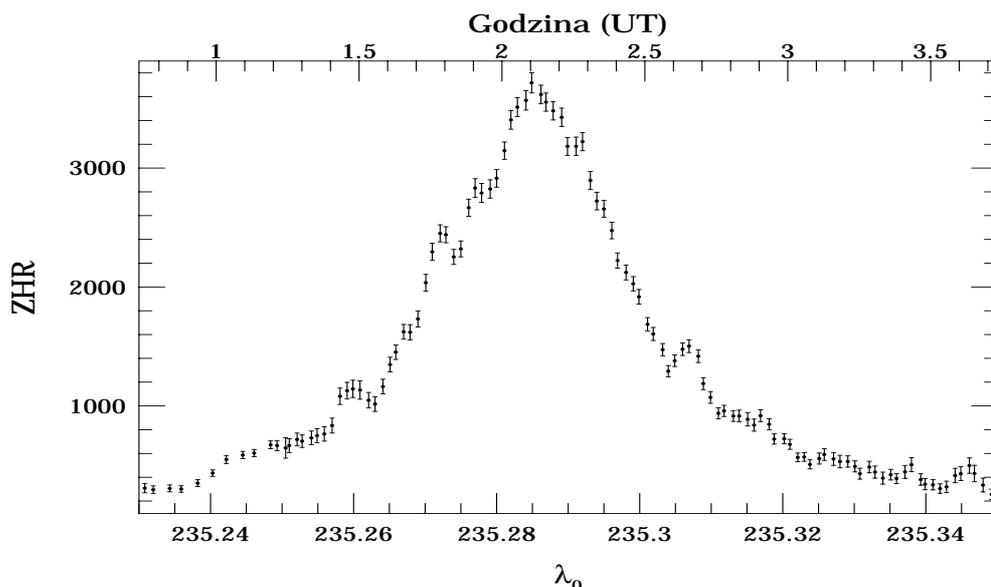
Wykres aktywności w okolicach maksimum pokazany jest na Rys. 2 z rozdzielczością  $\lambda_{\odot} = 0.001^{\circ}$  długości ekliptycznej, co odpowiada okresowi 1.4 minuty. W obliczeniach nie stosowano współczynnika spostrzegawczości, który wygładza systematyczne odchylenia ilości zaobserwowanych zjawisk, ponieważ przy tak dużej ich liczbie oraz dużej ilości przedziałów nie wpływa to znacząco na wyniki.

Odczytując z wykresu - czas maksimum  $\lambda_{\odot} = 235.285 \pm 0.001^{\circ}$ , co odpowiada dniu 18 listopada 1999 i godzinie  $2^h 02^m \pm 2^m$ , a maksymalne ZHR =  $3700 \pm 100$ . Analizując te dane można dostrzec kilka małych wzrostów aktywności przedstawionych w Tabeli 2.

Tabela 2

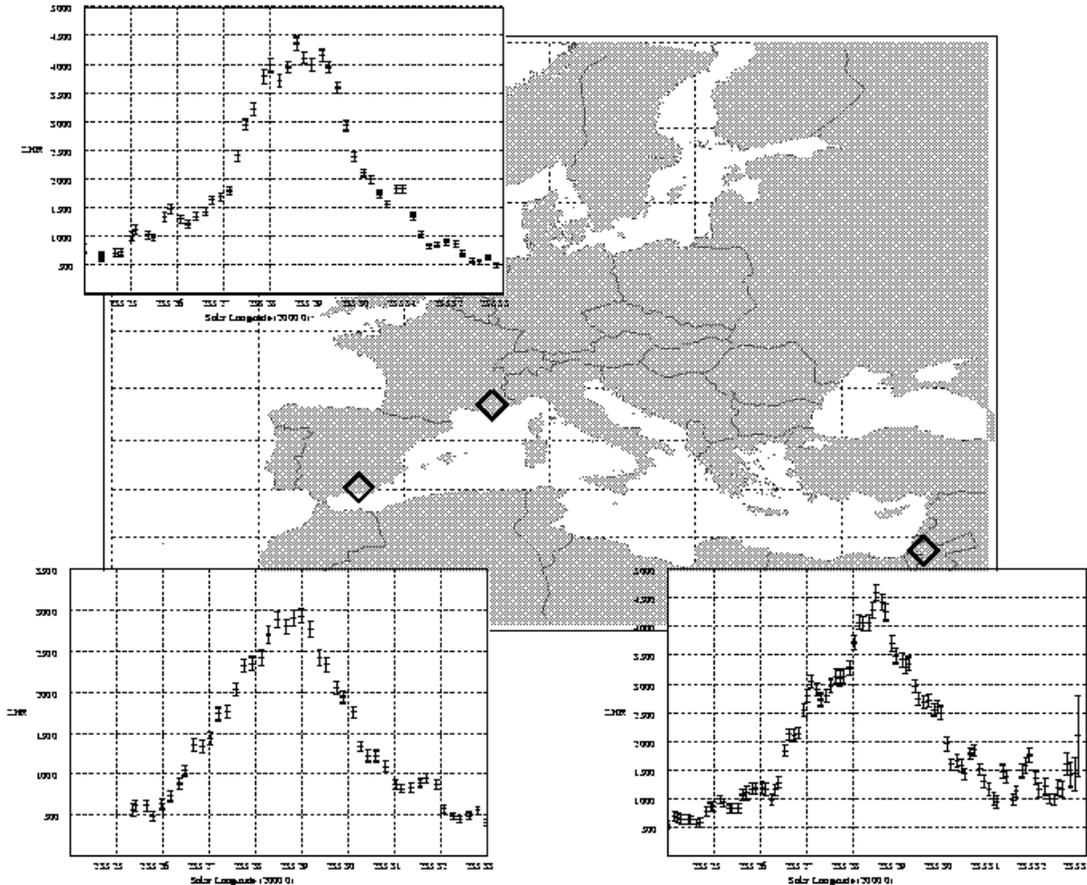
$\lambda_{\odot}$	CZAS (UT)	$\lambda_{\odot}$	CZAS (UT)
235.259	1 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	235.272	1 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>
235.277	1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	235.302	2 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>
235.338	3 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	235.346	3 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>

Czasy trwania tych małych wybuchów wynosiły od 5 do 7 minut. Analizując dokładniej pracę Ashera i McNaughta dostrzeżemy, że maksima przy  $\lambda_{\odot} = 235.272^{\circ}$  i  $235.77^{\circ}$  związane są z materiałem naniesionym przez kometę dwa oraz trzy powroty temu, reszta zaś powstała w wyniku starszych powrotów komety macierzystej.



**Rys. 2** Aktywność Leonid w 1999 r obliczona na podstawie obserwacji przeprowadzonych w dobrej widoczności granicznej (6.50 mag) i z uwzględnioną poprawką topocentryczną.

Na Rys. 3 przedstawiono ZHR zależne od miejsca obserwacji. Górny wykres to aktywność obliczona z obserwacji w Południowej Francji (18 190 Leonid i 1100 przedziałów), u dołu z lewej z Południowej Hiszpanii (211 116 Leonid i 622 przedziały) a z prawej Jordan oraz Izrael (19 089 Leonid - 776 przedziałów). Widać na nich wyraźnie różnice, które porównując z Rys. 2 wynoszą odpowiednio: dla Hiszpanii  $\lambda_{\odot} = 0.0007^{\circ}$  (1 min), Francji  $\lambda_{\odot} = 0.0014^{\circ}$  (2 min) i  $\lambda_{\odot} = 0.0003^{\circ}$  (0.5 min) dla Bliskiego Wschodu. Gdy porównamy między sobą czasy wystąpienia maksimum z Hiszpanii i Bliskiego Wschodu to różnica wynosi około 5 min, a Francji z Bliskim Wschodem około 2.5 minuty. Patrząc na pozostałe parametry tych wykresów można powiedzieć, że maksimum z Południowej Francji jest dość szerokie bo trwa około 20 min (nawet widać wyraźnie potrójne maksimum), na wykresie z Izraela i Jordanu widać wpływ widoczności granicznej pod koniec nocy (świt), co do wykresu z Hiszpanii to na niskie ZHRy wpływ miała niska wysokość radiantu nad horyzontem.



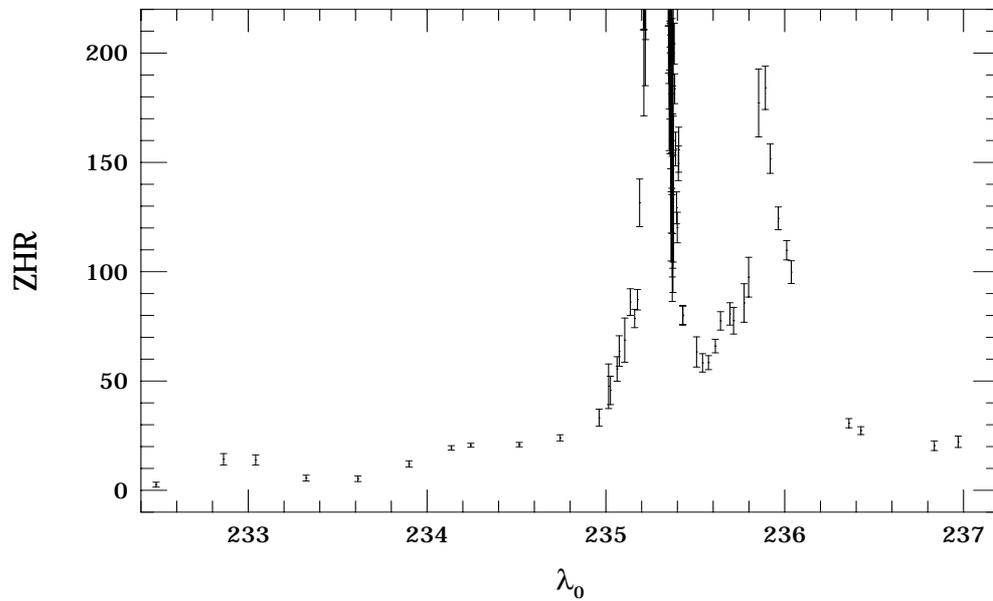
**Rys. 3** Wykresy ZHR przy różnych rozmieszczeniach obserwatorów. Użyto tylko obserwacji z widocznością zawierającą się pomiędzy 6.2 a 6.8 mag.

#### 1.4 Rozkład cząstek w roju

Ziemia wchodząc w rój jest bombardowana średnio przez  $1.4 \pm 0.3$  cząsteczki na  $\text{km}^2/\text{h}$ . To odpowiada gęstości  $5400 \pm 1200$  cząsteczek na  $10^9 \text{ km}^3$ , liczba ta spada przy cząsteczkach większych od 1 mg do  $230 \pm 50$  na  $10^9 \text{ km}^3$  oraz przy cząsteczkach o masie przewyższającej 10 mg do 30. Porównując to z Draconidami, u których cząsteczek 10 g było 3800 na  $10^9 \text{ km}^3$  podczas ostatniego deszczu w 1998 roku, należałoby się spodziewać większej aktywności lub przynajmniej dużej liczby jasnych zjawisk. Widać więc, że mechanizm powstawania dość jasnych zjawisk nie polega na tym że wystarczy tylko duża masa cząsteczki, lecz większą rolę odgrywa prędkość wchodzenia meteoroidu i kąt pod którym on wchodzi (u Leonid 10 mg bryłka daje jasność 0 mag, a u Draconid około +6 mag). Odnosząc się do masy, to gęstość Draconid jest 100 razy większa od Leonid choć ZHRy były 5 razy mniejsze.

#### 1.5 Drugie maksimum Leonid

Przyglądając się Rys. 4, można zauważyć, że po okresie maksimum aktywność gwałtownie spada do momentu  $\lambda_{\odot} = 235.49^{\circ}$  (9:00 UT) i utrzymuje się na stałym poziomie do czasu  $\lambda_{\odot} = 235.77^{\circ}$  z  $\text{ZHR} = 60 \pm 5$ , po czym zaczyna wzrastać aż do  $\lambda_{\odot} = 235.87 \pm 0.04^{\circ}$  (18 XI 16 UT  $\pm 1$  h) osiągając  $\text{ZHR} = 180 \pm 20$ .



Rys. 4 Aktywność Leonid w całym okresie aktywności roju.

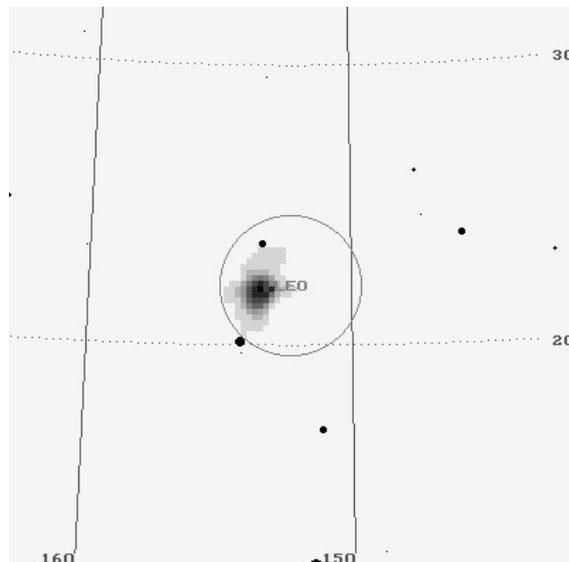
## 2 Obserwacje radiowe

Bardzo dobrym potwierdzeniem momentu samego maksimum są obserwacje radiowe wykonane przez Kazuhiro Suzuki (Toyokawa Meteor Observatory, Aichi, Japonia) i Petra Pridala (Ondrejov Observatory, Republika Czeska). Dane te pokazują, że najwięcej radioech przypadało między 2:00 a 2:10 UT, co doskonale zgadza się z obserwacjami wizualnymi.

## 3 Obserwacje video

### 3.1 Struktura radiantu

Do niniejszego opracowania użyto obserwacji video Leonid uzyskanych przez Mirko Nitschke, który prowadził je za pomocą kamery na Teneryfie w Hiszpanii. Do redukcji danych użyto programu RADIANT, który po przeanalizowaniu 633 Leonid, obliczył dość dokładną pozycję radiantu. Dla momentu  $\lambda_{\odot} = 235.29^{\circ}$  wyznaczono następujące współrzędne:  $\alpha = 153.6^{\circ} \pm 0.1^{\circ}$  i  $\delta = +21.9^{\circ} \pm 0.1^{\circ}$ .



Rys 5 Radiant Leonid wyznaczony na podstawie obserwacji video.

Rozpatrując dwa przedziały obserwacji Leonid (przed i po 2 UT), które są pozostałością po różnych powrotach macierzystej komety, nie zaobserwowano znaczącej różnicy pomiędzy zmianą centrum radiantu roju.

### 3.2 Analiza współczynnika $r$

Jak już wyżej pisałem maksimum roju wystąpiło dokładnie w tym samym czasie, co przewidywał model Ashera i McNaughta, czyli około 2 UT dnia 18 listopada. Wizualne obserwacje pokazały, że brakowało bolidów i większość zjawisk była trzeciej i czwartej wielkości gwiazdowej. Jednak wstępna analiza obserwacji video wykonanych przez członków niemieckiej grupy AKM, rysuje nieznacznie inny obraz.

W tych obserwacjach użyto dwóch kamer usytuowanych niedaleko Malagi w Hiszpanii: Avis - 1.5/100 mm, pole widzenia około  $15^\circ$ , zasięg do 9 mag i Carmen - 1.8/28 mm, pole widzenia około  $35^\circ$ , zasięg do 6 mag. Jak widać z powyższych parametrów, Carmen miała o 5.5 razy większe pole widzenia, ale za to zasięg był mniejszy o 3 wielkości gwiazdowe.

Dane z kamer pozwoliły wyznaczyć wartość  $r$ , która wyniosła 2.0, co jest wartością mniejszą od tej uzyskanej z obserwacji wizualnych.

Co do liczby zaobserwowanych meteorów, to należało się spodziewać że Avis powinna rejestrować 1.5 raza więcej Leonid niż Carmen. Jednak okazało się, że szerokokątna kamera rejestrowała dwa razy więcej Leonid, niż ta o większym zasięgu granicznym - co świadczy o bardzo małej ilości słabych Leonid. W przedziale 1:00-3:00 UT Avis zarejestrowała 165 Leonid, a Carmen 393 Leonidy. Inaczej jest jeśli chodzi o ilość meteorów sporadycznych (lub inaczej nie-Leonid): Avis 90 wobec 19 Carmen - co jest wynikiem bliskim teoretycznemu i daje  $r$  rzędu 3.0.

Przeprowadzając analizę współczynnika masowego Leonid, dla przedziałów jasności otrzymujemy następujące liczby: zakres 0-2 mag  $r$  jest bliskie 3.0, pomiędzy 2 a 5 mag  $r$  wynosi 2.0, a dla jasności mniejszych od 5 mag  $r \leq 1.5$ .

Podsumowując obserwacje zeszłorocznych Leonid, można powiedzieć, że bardzo dobrze potwierdził się model teoretyczny Ashera i McNaughta (choć aktywność była 7 razy większa niż ta która była opisywana w modelach), co dobrze wróży na przyszłe lata, kiedy aktywność Leonid będzie najprawdopodobniej o wiele wyższa. Powyższe wyniki pokazują także niemal 100 procentową zgodność trzech metod obserwacji meteorów (wymienionych powyżej) oraz to, że jeśli pogoda dopisze, można zawsze liczyć na obserwatorów. Mijmy jednak nadzieję, że w kolejnych latach pogoda właśnie w naszym kraju okaże się łaskawsza.

Andrzej Skoczewski

## DANE DO OBSERWACJI

Rój	Współrz. radiantu	Okres aktywności	Maks.	Dryft		Prom. rad.	V km/s	ZHR max
				$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$			
<b>Lirydy</b>	271° +34°	16.04 - 25.04	22.04	+1.1	+0.0	5°	49	15
<b><math>\alpha</math>-Bootydy</b>	218° +19°	14.04 - 12.05	27.04	+0.9	-0.1	8°	20	< 3
<b><math>\eta</math>-Aquarydy</b>	338° -01°	19.04 - 28.05	06.05	+0.9	+0.4	4°	66	60
<b>Sagittaridy</b>	247° -22°	15.04 - 15.07	20.05	niżej		15×10°	30	5

**Sagittaridy:** 15 IV  $\alpha = 224^\circ \delta = -17^\circ$ , 20 IV  $\alpha = 227^\circ \delta = -18^\circ$ , 25 IV  $\alpha = 230^\circ \delta = -19^\circ$ , 30 IV  $\alpha = 233^\circ \delta = -19^\circ$ , 05 V  $\alpha = 236^\circ \delta = -20^\circ$ , 10 V  $\alpha = 240^\circ \delta = -21^\circ$ , 20 V  $\alpha = 247^\circ \delta = -22^\circ$ , 30 V  $\alpha = 256^\circ \delta = -23^\circ$ , 10 VI  $\alpha = 265^\circ \delta = -23^\circ$ , 20 VI  $\alpha = 275^\circ \delta = -23^\circ$ , 30 VI  $\alpha = 284^\circ \delta = -23^\circ$ , 10 VII  $\alpha = 293^\circ \delta = -22^\circ$ , 15 VII  $\alpha = 298^\circ \delta = -21^\circ$ .

---

C Y R Q L A R Z - miesięczny biuletyn Pracowni Komet i Meteorów

**Redagują:** Arkadiusz Olech (red. nacz.), Urszula Majewska (red. techn.),

Dominik Stelmach, Marcin Gajos, Andrzej Skoczewski, Mariusz Wiśniewski. Skład komp. programem T<sub>E</sub>X.

Adres redakcji: Arkadiusz Olech, ul. ks. T. Boguckiego 3/59, 01-508 Warszawa, tel. (0-22) 839-44-52

e-mail: olech@sirius.astro.uw.edu.pl, Strona WWW: <http://www.astro.uw.edu.pl/~olech/pkim.html>

---