

Astrolabium

Konkurs astronomiczny

Wizualne i radiowe meteory



**Szkoła Podstawowa
Klasy VII-VIII
Doświadczenie konkursowe 3**

Rok 2024

1. Wstęp teoretyczny

Czym są roje meteorów?

Meteoroidy to drobne ciała niebieskie, które, wpadając z bardzo dużymi prędkościami w gęstą atmosferę Ziemi, rozgrzewają się w niej do wysokich temperatur i w rezultacie zaczynają świecić. Meteor to świecący ślad, jaki zostawia meteoroid w atmosferze. Ziemiakom obserwatorom może się wówczas wydawać, że na krótką chwilę zapala się on, po czym niknie. Choć ich charakterystyczne smugi światła nie zawsze są skierowane ku Ziemi, meteory do dziś bywają błędnie określane *spadającymi gwiazdami*. W rzeczywistości większość ze spalających się w atmosferze drobin ma wielkości zbliżone do rozmiaru ziarnka piasku.



Rys. 1. Perseidy – słynny letni deszcz meteorów. Źródło: NASA/Preston Dyches

Meteoroidy często występują w Układzie Słonecznym jako roje. Wówczas, gdy Ziemia napotka taką chmurę drobnych cząstek na swojej wokółsłonecznej orbicie, wpadają one w jej atmosferę całymi strumieniami, a na niebie zdają się rozchodzić promieniście z wyróżnionego miejsca, zwanego radiantem roju. Roje meteorów są pozostałościami po rozpadających się kometach lub planetoidach. Ciała te, składające się głównie z mieszaniny skał i lodu, krążą wokół Słońca po wydłużonych orbitach i co określony czas powracają w jego sąsiedztwo. Wówczas ulegają ogrzaniu ciepłem Słońca, więc ich lód odparowuje. W ten sposób cała kometa może szybko ulec unicestwieniu i po prostu rozpaść się na strumień szczątków, na który później przez lata Ziemia

natrafia w określonym miejscu na swojej orbicie.

Obserwujemy meteory

Gdy w ziemską atmosferę wpada znaczna ilość meteorów z danego roju, mówimy o *deszczu meteorów*. To zjawiska bardzo wdzięczne do obserwacji, ponieważ nie potrzeba do tego teleskopu ani lornetki. Obserwacje najlepiej prowadzić blisko maksimum danego roju (daty najbardziej aktywnych rojów zamieszczono w tabeli poniżej). Potrzebne będzie wygodne miejsce położone w miarę możliwości jak najdalej od sztucznych źródeł światła: takie, gdzie drzewa i budynki nie będą zasłaniały dużej części nieba. Pamiętajmy o ciepłym stroju – szczególnie jesienią i zimą noce bywają bardzo chłodne.

Zaczynamy od określenia na niebie radiantu danego roju. Pamiętajmy, że meteory występują nie tylko w rojach, a każdego dnia na Ziemię spadają również te niezwiązane z żadnym z nich. Pojedyncze meteory mogą więc „nadlatywać” z innych stron, a do tego niektóre roje nakładają się na siebie w czasie. Obserwujemy meteory co najmniej przez godzinę, zapisując na koniec ich widzianą liczbę (zliczając je). Ta liczba to tak zwana *zenitalna liczba godzinna*, oznaczana skrótem ZHR (ang. *zenithal hourly rate*): określa ona liczbę meteorów danego roju, jaką możemy zobaczyć na bezchmurnym niebie podczas godziny przy radiancie roju meteorów położonym w zenicie, czyli dokładnie nad głową obserwatora. W naszym ćwiczeniu nie będziemy trzymać się tego ostatniego warunku ściśle. Zakładamy po prostu, że w trakcie obserwacji wizualnych radiant roju powinien znajdować się ponad horyzontem, najlepiej dość wysoko na niebie.

Niektóre z najbardziej aktywnych rojów meteorów

Nazwa roju	Występowanie	Maksimum roju	Położenie radiantu	Aktywność roju
Orionidy	2 X – 7 XI	21 X	Orion/Bliźnięta (<i>Ori/Gem</i>)	wysoka
Północne Taurydy	1 XI – 25 XI	12 XI	Byk (<i>Tau</i>)	średnia
Leonidy	14 XI – 21 XI	17 XI	Lew (<i>Leo</i>)	nieregularna
Geminidy	7 XII – 17 XII	14 XII	Bliźnięta (<i>Gem</i>)	wysoka
Ursydy	17 XII – 26 XII	22 XII	Mała Niedźwiedzica (<i>UMi</i>)	wysoka
Kwadrantydy	1 I – 5 I	3 I	Wolarz/Herkules/Smok (<i>Boo/Her/Dra</i>)	wysoka
Lirydy	15 IV – 28 IV	22 IV	Lutnia/Herkules (<i>Lyr/Her</i>)	wysoka
Eta Akwarydy	19 IV – 28 V	6 V	Wodnik (<i>Aqr</i>)	wysoka
Perseidy*	17 VII – 24 VIII	12 VIII	Perseusz (<i>Per</i>)	wysoka

* Perseidy i ich maksimum wykraczają poza ramy trwania tej edycji Konkursu „Astrolabium”, jednak zachęcamy również do ich obserwacji podczas letnich wakacji! Rojów meteorów jest więcej, warto więc wyszukać samodzielnie, jakie jeszcze występują wiosną i latem na niebie.

Zanieczyszczenie światłem

Problem zanieczyszczenia nieba światłem jest znany i badany od kilkudziesięciu lat. To nadmierne oświetlenie nieba nocą na skutek istnienia różnych sztucznych źródeł światła. Wpływa ono negatywnie głównie na rośliny i zwierzęta, a także zdrowie człowieka, w tym na jakość naszego snu. Zanieczyszczenie to utrudnia też, a czasem wręcz uniemożliwia, obserwacje astronomiczne. Właśnie dlatego obserwatoria buduje się zwykle z dala od miast, na terenach podmiejskich, wiejskich, a także na szczytach górskich.

Zanieczyszczenie światłem wpływa również na to, jak wiele widzimy meteorów na niebie. Dlatego do ich obserwacji polecamy miejsca położone z dala od miast, z ciemnym tłem nieba. Na poniższym zestawieniu zdjęć możemy zobaczyć, jak okoliczne światła osłabiają widoczność meteorów z najbardziej widowiskowego, sierpniowego roju Perseidów. Jego wynikiem bywa „gubienie” przez obserwatorów i fotografów nieba słabszych meteorów, które znikają w łunie świetlnej nad miastami. Po lewej stronie mamy fragment zdjęcia Perseidów z roku 2020 wykonanego przez Tomasza Slovinskiego na Słowacji. Po prawej – część zdjęcia wykonanego tej samej nocy przez Petra Horálka w Czechach. Ujęcie po lewej zrobione zostało z najciemniejszego obszaru Słowacji – Parku Ciemnego Nieba Połoniny, z niebem szacowanym dziś na poziom między stopniem 2 a 3 w skali Bortle’a¹. Ujęcie po stronie prawej wykonano nad czeskim jeziorem Seč, z niebem stopnia 4, czyli typowym niebem wiejsko-podmiejskim w skali Bortle’a. Astrofotografowie używali podobnego sprzętu i podobnych metod obróbki fotograficznej.

Więcej na temat skali Bortle’a i zanieczyszczenia światłem znajdziesz tutaj:



¹jest to skala używana do oceny jakości nocnego nieba podczas obserwacji astronomicznych.



Rys. 2. Perseidy w 2020 r. nad Słowacją i Czechami. Źródło: Tomas Slovinsky (Słowacja) & Petr Horalek (Czechy; Institute of Physics in Opava)

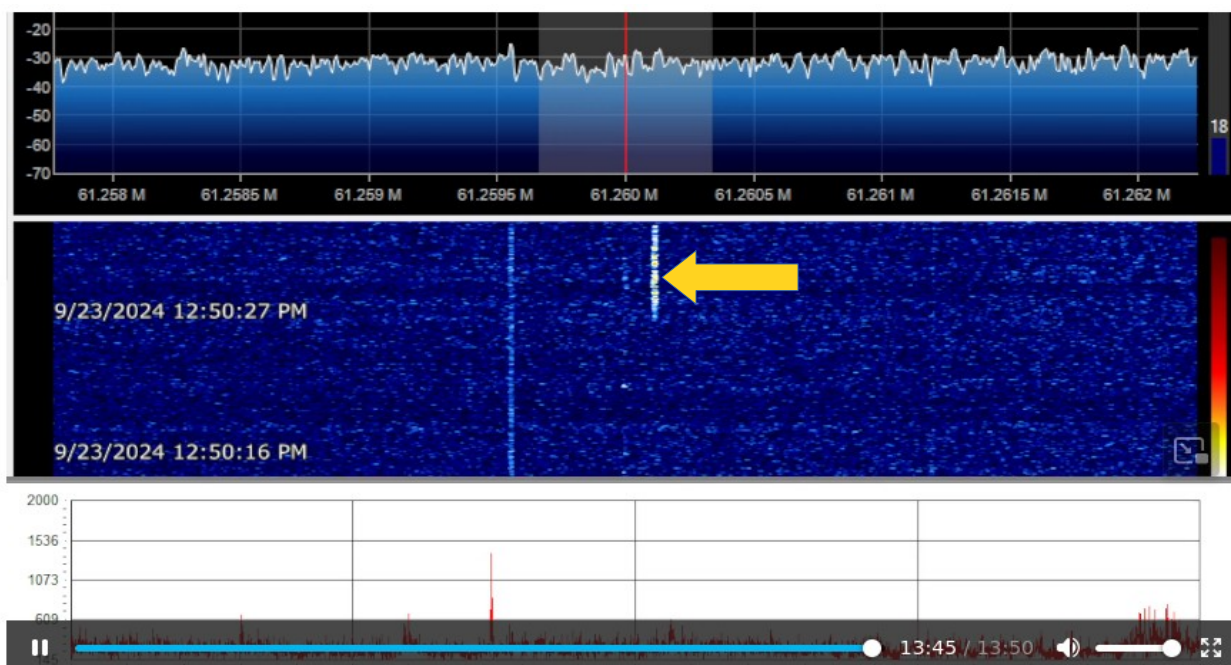
Meteory widoczne na falach radiowych

Podobnie jak wiele zjawisk na niebie, spalające się w atmosferze meteoroidy mogą powodować emisję niewidocznych dla nas fal radiowych. Wpadając w atmosferę, jonizują zawarty w niej gaz, czyli lokalnie nadają mu ładunek elektryczny. Powstaje wówczas ślad plazmowy, który my w świetle widzialnym obserwujemy jako smugę meteoru. Ta smuga plazmy (zjonizowanej materii gazowej, w której większość cząstek jest naładowana elektrycznie) może jednak skutecznie odbijać na bardzo duże odległości fale radiowe. Oznacza to, że mając odbiornik radiowy, możemy bezpośrednio rejestrować sygnały radiowe odbijane od plazmowych smug meteorów. Potrzebujemy jeszcze odpowiednio silnego nadajnika radiowego, który będzie wcześniej emitował sygnały mające odbijać się od tych smug. Będzie to zatem para odległych od siebie (nawet o tysiące km!) urządzeń nadajnik-odbiornik pracujących na zbliżonej częstotliwości. Dzięki niej można rejestrować sygnały radiowe odbite od smug plazmowych powstających na wysokościach od 85 do 105 km nad powierzchnią Ziemi.

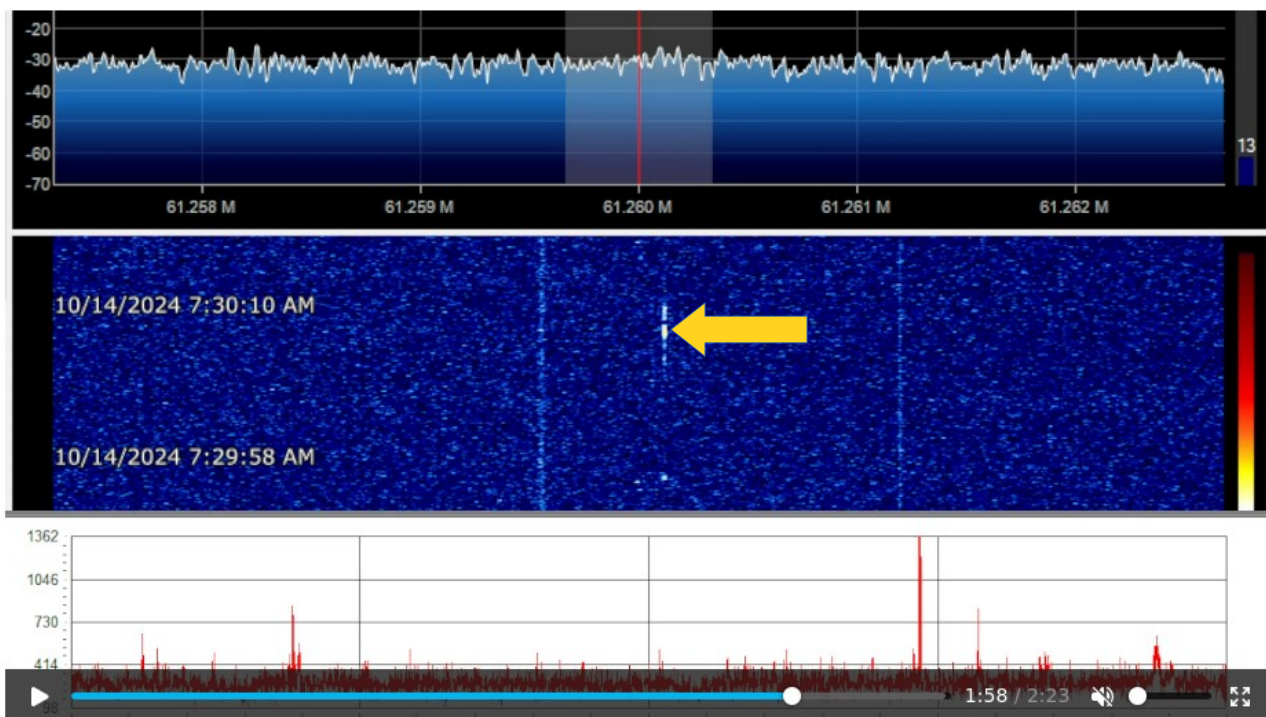
Taką parą urządzeń wyłapujących odbite sygnały radiowe jest nadajnik zlokalizowany w Kanadzie i odbiornik pracujący w Waszyngtonie (USA). Odbijane od meteorytowych śladów sygnały z nadajnika są następnie wykrywane przez odbiornik, można je więc na bieżąco śledzić graficznie na stronie <https://www.livemeteors.com/>.



Rys. 3. Schemat zjawiska odbicia fali radiowej od śladu plazmowego po meteorze. Źródło: livemeteors.com



Rys. 4. Przykładowa detekcja zjawiska odbicia fali radiowej od śladu po meteorze, oznaczona żółtą strzałką.



Rys. 5. Inny przykład zjawiska odbicia fali radiowej od śladu po meteorze. Źródło: livemeteors.com

2. Cel doświadczenia

Celem ćwiczenia jest dogłębne poznanie zjawisk związanych z wchodzeniem meteoroidów w atmosferę ziemską. Doświadczenie pozwala na lepsze zrozumienie, czym jest zanieczyszczenie nieba światłem, również w kontekście zanieczyszczenia nieba radiowego. Uczestnicy uczą się bardziej zaawansowanej obsługi oprogramowania Stellarium. Korzystają z prostych metod statystycznych, wykresów i arkusza kalkulacyjnego oraz zapoznają się lepiej z różnicami czasu lokalnego na świecie.

3. Opis wykonania doświadczenia

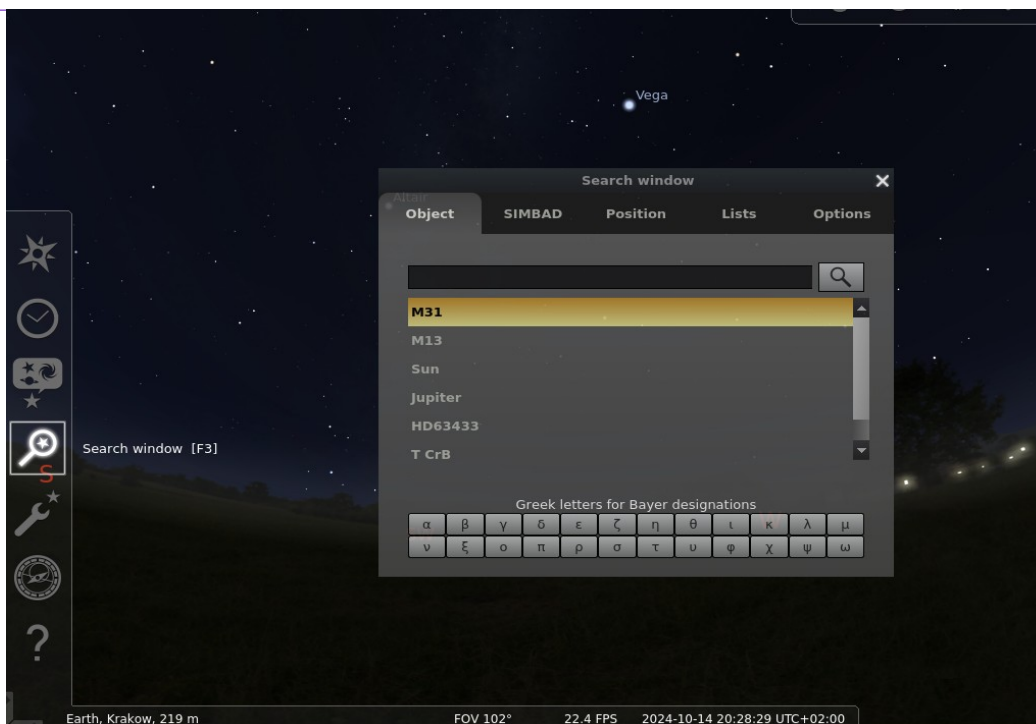
1. Spójrz na stronę 3 tego doświadczenia konkursowego i zaplanuj, które maksima aktywności najbliższych rojów meteorów chcesz zaobserwować wizualnie. Jeśli to możliwe, obserwacje takie postaraj się wykonywać w parze lub większej grupie osób. Wybierz kilka terminów (np. jeden dzień przed i jeden dzień po maksimum) na wypadek zachmurzonego nieba w dniu maksimum. **Uwaga! wszystkie obserwacje meteorów w terenie uzgadniaj ze swoimi opiekunami.**
2. Jeśli masz już wybrany rój i jego maksimum, sprawdź, o której godzinie radiant roju jest

wysoko nad horyzontem. Meteory mogą być widoczne na niebie nawet wtedy, gdy jest on pod horyzontem, jednak im wyżej będzie, tym większe szanse na „złapanie” większej liczby świetlistych smug. Pozycję radiantu możesz sprawdzić przy pomocy obrotowej mapy nieba lub programu Stellarium (do pobrania za darmo ze strony <https://stellarium.org/pl/>). W pierwszym przypadku kieruj się instrukcją obsługi mapki i sprawdź, czy gwiazdozbiór, w obrębie którego leży radiant (patrz tabela, str. 3) jest wieczorem lub w pierwszej połowie nocy widoczny na niebie ponad horyzontem. Jeśli korzystasz ze Stellarium, spróbuj odnaleźć gwiazdozbiór związany z radiantem roju gwiazdozbiór w polu wyszukiwania „Search window” z lupą (Rysunek 6 i 7). Ustaw Stellarium na dany dzień i godzinę, gdy jest już ciemno, po czym w polu wyszukiwania wpisz, w zależności od wersji programu, polską lub łacińską nazwę danego gwiazdozbioru (w tabeli na stronie 3 skrót tej drugiej podano w nawiasach, w razie problemów skorzystaj ze źródeł książkowych lub internetowych). Jeśli w kolumnie 4 tabeli wypisanych jest kilka konstelacji, oznacza to, że radiant jest mniej więcej na ich granicy. Uwaga! Najpierw ustaw w Stellarium swoje położenie (np. miejscowość, z której chcesz obserwować meteory) i datę – maksimum roju lub wybrany, bliski mu termin (Rysunek 6).

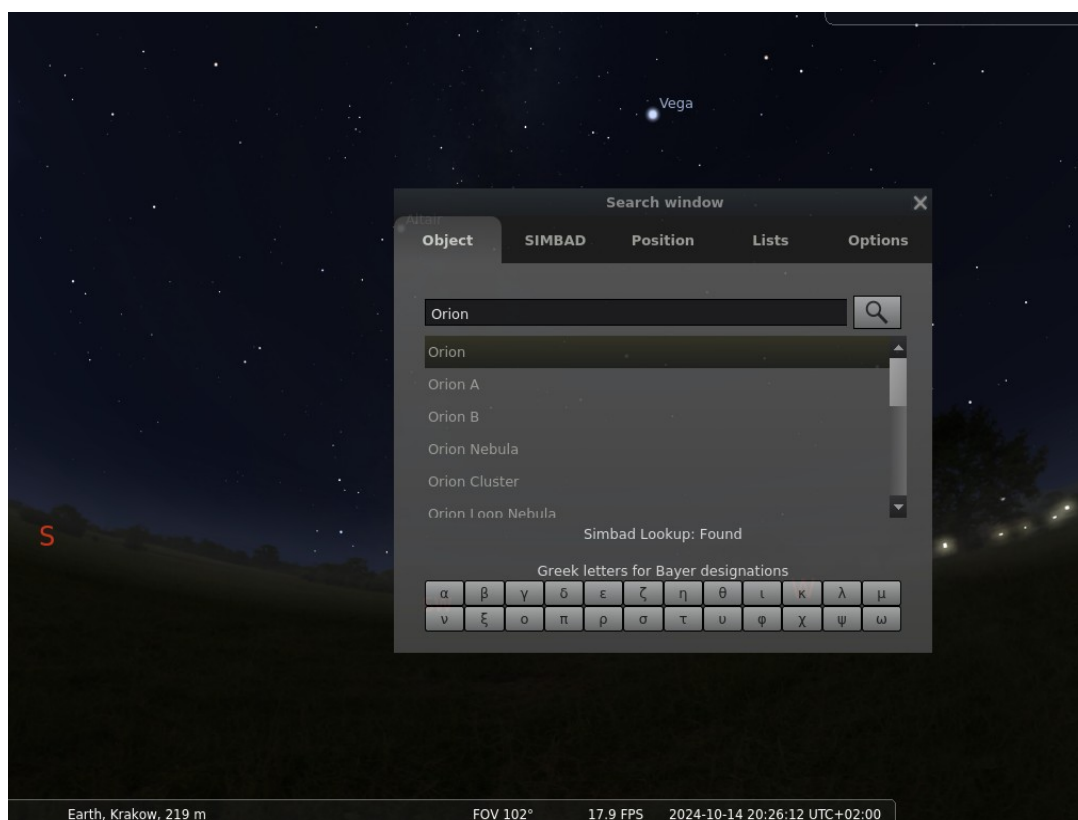


Rys. 6. Ustawianie godziny i daty obserwacji w Stellarium

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wizualne i radiowe meteory
Doświadczenie konkursowe rok 2024



Rys. 7. Pole wyszukiwania obiektów w Stellarium



Rys. 8. Wyszukiwanie gwiazdozbioru Oriona w Stellarium

3. Przygotuj Dziennik Obserwacyjny – przykładowy dołączony jest do tego Doświadczenia.

4. Po znalezieniu dogodnego miejsca z jak najciemniejszym tłem nieba przyjmij wygodną pozycję, a następnie zacznij zliczać meteory (błyski światła na niebie) w czasie 15 lub 30 minut z dokładnością co do minuty. W Dzienniku w kolumnie „ZHR” zapisz liczbę zaobserwowanych meteorów pomnożoną odpowiednio przez 2 (dla 30 minut) lub przez 4 (dla 15 minut obserwacji). Zanotuj czas i miejsce obserwacji. Na mapie zanieczyszczenia światłem:

https://www.cleardarksky.com/maps/lp/large_light_pollution_map.html sprawdź, jaki jest poziom zanieczyszczenia w Twoim miejscu obserwacji w skali Bortle’a. Uwaga, część doświadczenia polegająca na obserwacjach wizualnych możesz oczywiście pominąć, jeśli nie ma odpowiedniej pogody lub nie masz warunków do obserwacji nocnego nieba.

5. Dla pięciu dni (1 i 2 dni przed spodziewanym maksimum obserwowanego roju, w dniu jego właściwego maksimum oraz 1 i 2 dnia po maksimum) odpowiednio wcześniej wyznacz czas w Polsce odpowiadający **godzinie 7** nad ranem w mieście Timmins w Kanadzie. Jest to przybliżona lokalizacja miejsca obserwacji meteorów radiowych, której metodę opisano powyżej. W celu wyznaczenia czasu obowiązującego w Timmins skorzystaj np. z narzędzia <https://time.is/pl/compare> (Rys. 9) – porównaj aktualny czas w Twoim mieście z czasem Timmins. Następnie wyznacz, która godzina czasu w Polsce odpowiada **godzinie 18** (6 wieczorem) w Timmins. Możesz w tym celu po prostu znaleźć różnicę czasu dla Twojej miejscowości w Polsce i Timmins, a następnie dodać wyznaczoną liczbę godzin.

6. Dla każdego z powyżej zdefiniowanych pięciu dni, o dwóch wyznaczonych w punkcie 5. godzinach odpowiadających porankowi (lokalnemu wschodowi Słońca, około **godziny 7**) i wieczorowi (ok. **godziny 18**) w Kanadzie, przejdź na stronę <https://www.livemeteors.com/>. Przez 15 lub 30 minut, licząc od wyznaczonej godziny, zliczaj radiowe sygnały odbite od meteorów. Będą one miały formę przelotu, czyli nieregularnego, jaśniejszego paska na radiowym tle. Pasek ten szybko porusza się po ekranie i znika po kilku sekundach (Rysunek 4 i 5). Zapisz ich liczbę (pomnożoną przez 4 lub 2, aby uzyskać wartość ekstrapolowaną do całej godziny) w odpowiedniej kolumnie (ZHR) w Dzienniku Obserwacyjnym. Jako miejsce obserwacji możesz podać „Timmins”, a jako czas obserwacji meteorów radiowych – przybliżony czas lokalny miejsca obserwacji, czyli czas lokalny Timmins, np. 7 rano i 18 wieczorem. Kroki 4-6, czyli podobne obserwacje, powtórz dla wszystkich 5 dni. Zanotuj wyniki w Dzienniku Obserwacyjnym.

TIME.IS

Konwerter stref czasowych

Lokalizacja lub strefa czasowa	Czas	Data
Kraków, Polska	13	dziś

Pozostałe lokalizacje lub strefy czasowe (opcjonalnie)

timmin	
Timmins, Ontario, Kanada	01:20
Timmināyanapalli, Tamilnadu, Indie	10:50
Timmināyakkampatti, Krishnagiri, Tamilnadu, Indie	10:50
Timmināyakkampatti, Namakkal district, Tamilnadu, Indie	10:50

Rys. 9. Czas ma świecie - <https://time.is/pl/compare>

TIME.IS

Czas w Kraków oraz Timmins

- Gdy w Kraków jest 13:00, w sobota, 5 października, to była 07:00 w Timmins.
- Pozostały czas: 5 godziny, 19 minuty oraz 50 sekundy
- Kraków jest 6 godzin przed Timmins.
- Kliknij dowolny czas w poniższej tabeli, aby otworzyć i udostępnić stronę tego wydarzenia

Różnica czasu w stosunku do Kraków

Timmins		-6 godziny
UTC		-2 godziny

Kraków	Timmins (-6h)
sobota 13:00	sobota 07:00
14:00	08:00
15:00	09:00
16:00	10:00
17:00	11:00
18:00	12:00
19:00	13:00
20:00	14:00
21:00	15:00
22:00	16:00
sobota 23:00	17:00
niedziela 00:00	18:00

Rys. 10. Czas ma świecie - przykładowy wynik porównania (<https://time.is/pl/compare>)

7. W dowolnym programie do tworzenia wykresów, np. LibreOffice lub w Arkuszach Google – <https://docs.google.com/spreadsheets/>², sporządź wykres porównania liczby meteorów obserwowanych jako odbicia radiowe w wybranych dniach dla wybranego roju, osobno dla obserwacji wieczornych i porannych czasu lokalnego w Kanadzie. W tym celu przepisuj dane do skoroszytu tak, jak na Rysunku 11. Tu na przykładzie b) pokazano dodatkowo wiersz z ilością zliczeń dla obserwacji wizualnych w dniu maksimum roju. Jeśli jednak nie masz tych danych, możesz pominąć ten wiersz, a jeśli masz więcej danych wizualnych, np. z kilku dni, możesz je także umieścić w skoroszycie.

9. Zaznacz przy pomocy myszy cały zakres danych (Rys. 12), a następnie użyj opcji Wstaw → Wykres. Po wybraniu opcji „Wykres” możesz zobaczyć podgląd domyślnie utworzonego wykresu kołowego. Zmień go – w menu po prawej stronie – na wykres kolumnowy.

10. Oto gotowy wykres (Rys. 15) prezentujący ilości zliczeń meteorów w zależności od dnia, godziny i metody obserwacji (radiowa, wizualna). Jeśli chcesz, sprawdź inne funkcje edycji wykresu dostępne w menu po prawej stronie, np. zmień kolory, dodaj nagłówek i opisy osi. Podobne wykresy możesz utworzyć dla innych rojów i ich maksimumów. **Uwaga!** Wykresy takie jak ten możesz też oczywiście sporządzić ręcznie na kartce papieru.

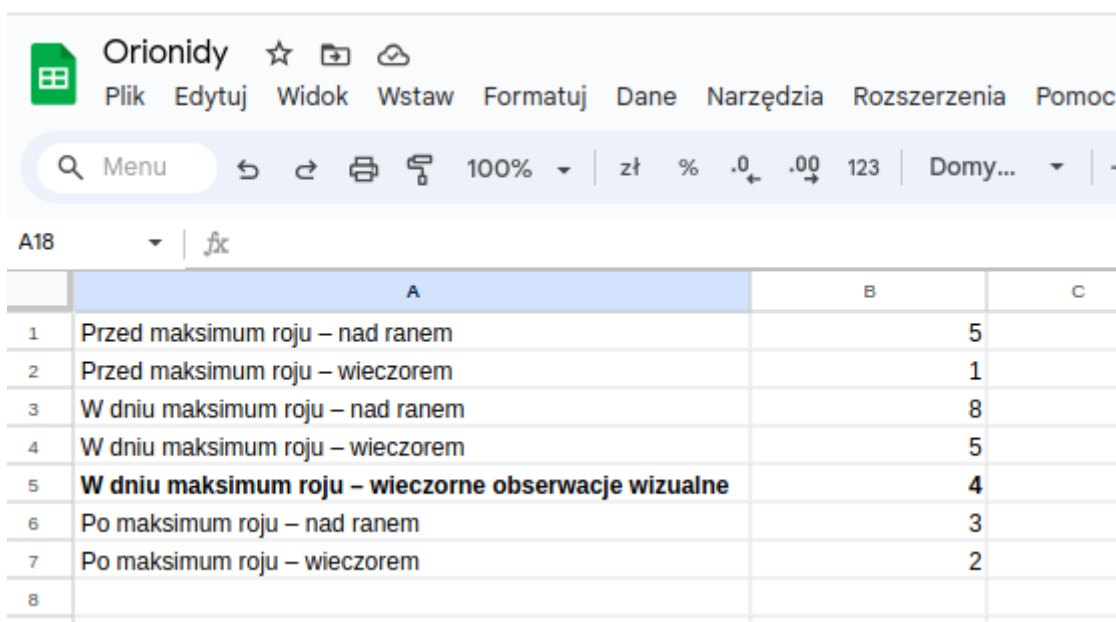
a)

	A	B	C	D
1	Przed maksimum roju – nad ranem	5		
2	Przed maksimum roju – wieczorem	1		
3	W dniu maksimum roju – nad ranem	8		
4	W dniu maksimum roju – wieczorem	5		
5	Po maksimum roju – nad ranem	3		
6	Po maksimum roju – wieczorem	2		
7				
8				

² dalej pokazano tworzenie wykresu w tym drugim narzędziu.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wizualne i radiowe meteory
Doświadczenie konkursowe rok 2024

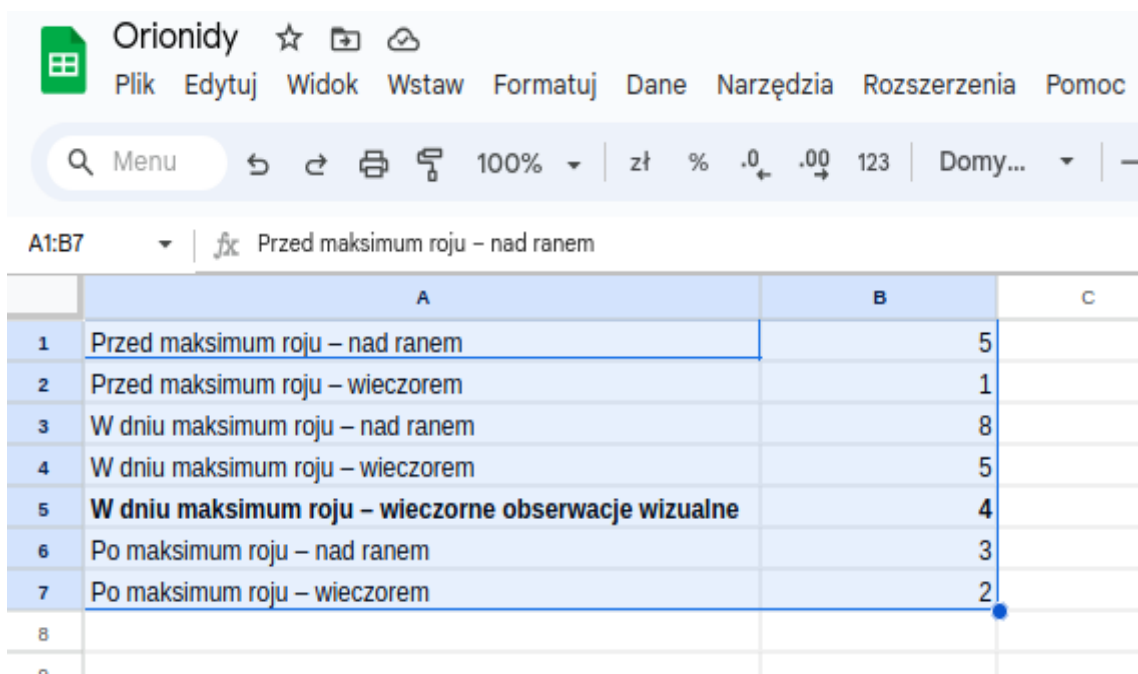
b)



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the file name "Orionidy". The ribbon includes "Plik", "Edytuj", "Widok", "Wstaw", "Formatuj", "Dane", "Narzędzia", "Rozszerzenia", and "Pomoc". The formula bar shows "A18" and a function icon. The spreadsheet has three columns: A, B, and C. The data is as follows:

	A	B	C
1	Przed maksimum roju – nad ranem		5
2	Przed maksimum roju – wieczorem		1
3	W dniu maksimum roju – nad ranem		8
4	W dniu maksimum roju – wieczorem		5
5	W dniu maksimum roju – wieczorne obserwacje wizualne		4
6	Po maksimum roju – nad ranem		3
7	Po maksimum roju – wieczorem		2
8			

Rys. 11. Wprowadzanie danych obserwacyjnych do skoroszytu

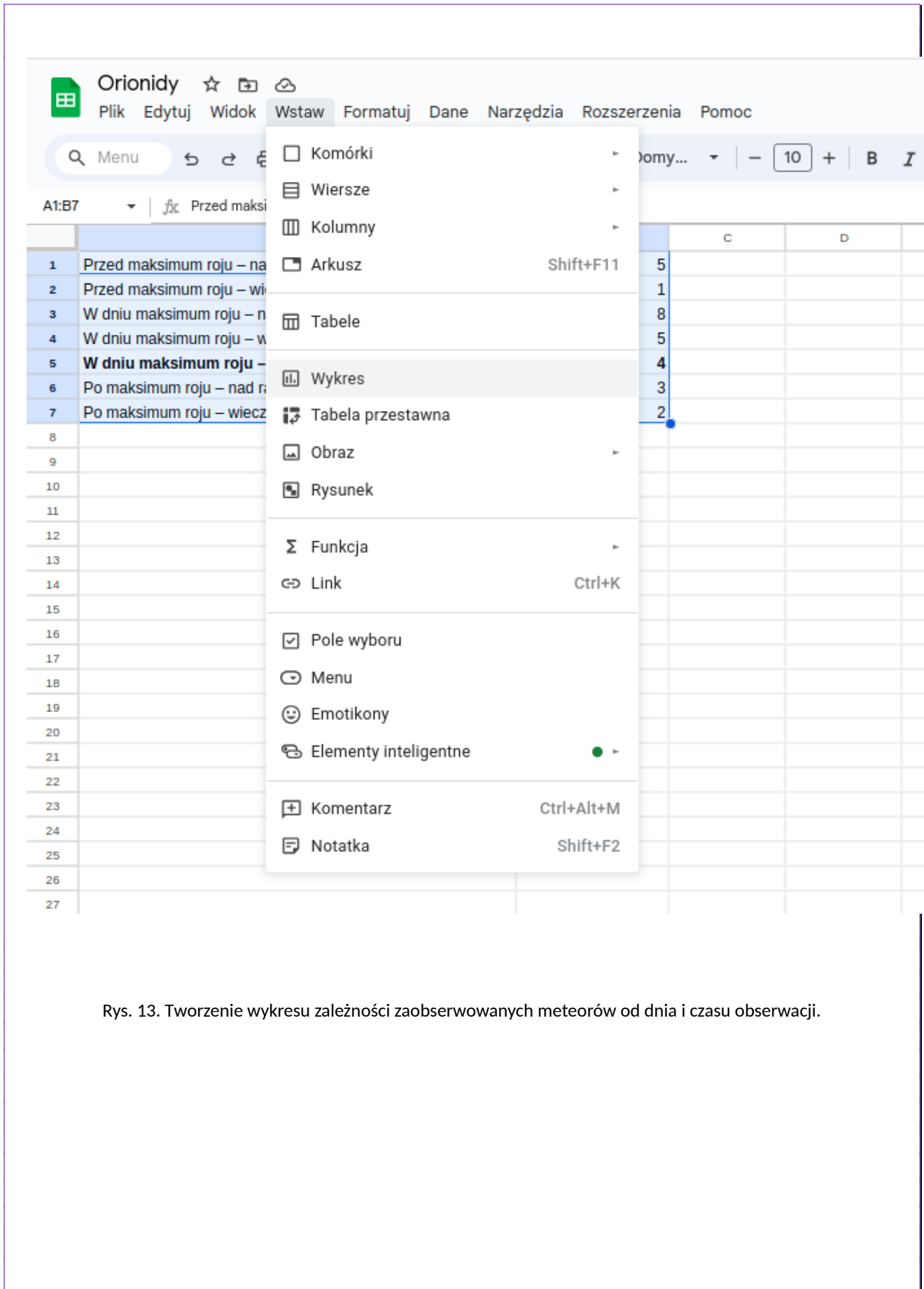


The screenshot shows the same Excel spreadsheet as in Rys. 11. The formula bar now shows "A1:B7" and the text "Przed maksimum roju – nad ranem". The range A1:B7 is highlighted in blue, indicating it is selected.

	A	B	C
1	Przed maksimum roju – nad ranem		5
2	Przed maksimum roju – wieczorem		1
3	W dniu maksimum roju – nad ranem		8
4	W dniu maksimum roju – wieczorem		5
5	W dniu maksimum roju – wieczorne obserwacje wizualne		4
6	Po maksimum roju – nad ranem		3
7	Po maksimum roju – wieczorem		2
8			

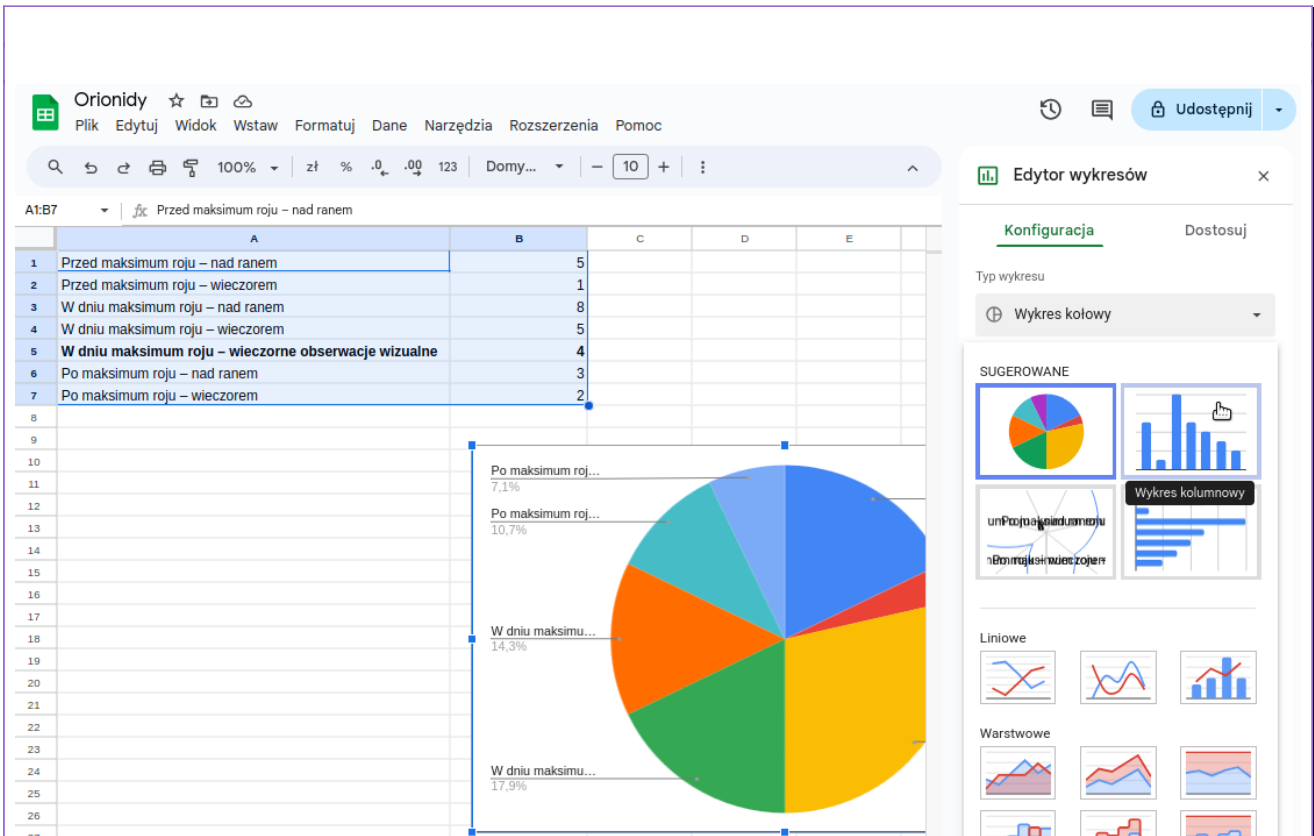
Rys. 12. Zaznaczanie zakresu danych

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wizualne i radiowe meteory
Doświadczenie konkursowe rok 2024

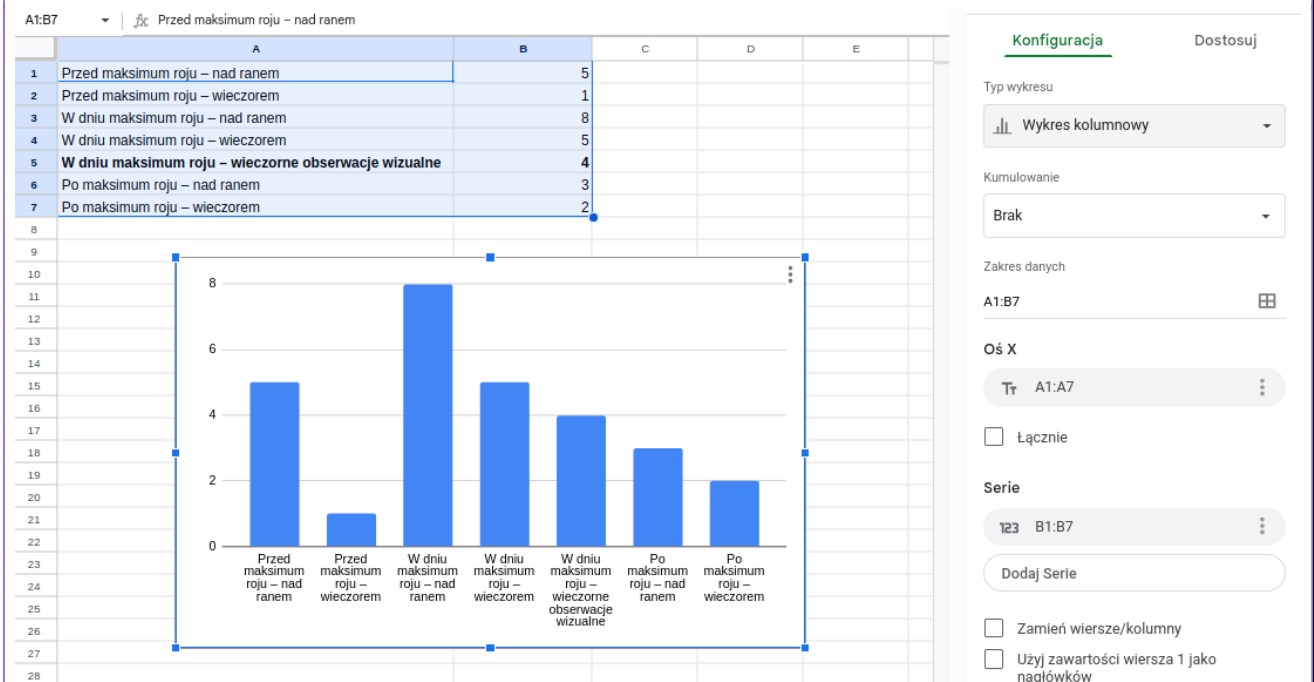


Rys. 13. Tworzenie wykresu zależności zaobserwowanych meteorów od dnia i czasu obserwacji.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wizualne i radiowe meteory
Doświadczenie konkursowe rok 2024



Rys.14. Zmiana wykresu na kolumnowy



Rys. 15. Gotowy wykres kolumnowy

Do przemyślenia i sprawdzenia w literaturze

1. Spójrz na otrzymany wykres kolumnowy. Jakie można wyciągnąć z niego wnioski? Kiedy i w jakich godzinach udało Ci się zaobserwować najwięcej meteorów (dowolną metodą)?
2. Czy wszystkie obserwacje radiowych śladów odbicia meteorów faktycznie były związane z tymi drobnymi ciałami niebieskimi? Podobne odbicia zachodzą także m.in. na samolotach. Czy podejrzewasz, że przez przypadek mogło Ci się udać zaobserwować samolot lub inny obiekt będący wytworem ziemskiej cywilizacji? A jeśli tak, to jakie to jeszcze mogą być objekty?
3. Czy zanieczyszczenie światłem miało wpływ na Twoje obserwacje wizualne? Co można zrobić, by uzyskane wyniki obserwacyjne były dokładniejsze?
4. Czy i jak położenie radiantu obserwowanego roju na niebie mogło wpłynąć na Twoje zliczenia meteorów?
5. Na podstawie uzyskanych danych postaraj się ocenić, czy udało Ci się wyznaczyć dzień maksimum aktywności obserwowanego roju metodą radiową. Czy w tym dniu liczba zaobserwowanych meteorów była faktycznie największa? Jeśli nie, z czego może to wynikać?
6. Czy Twoim zdaniem pora dnia (poranek, wieczór) ma wpływ na liczbę obserwowanych meteorów? Jak wiąże się ona z ruchem i ustawieniem Ziemi względem nieba? Sprawdź informacje zawarte na stronie: <https://www.amsmeteors.org/meteor-showers/meteor-faq/#4> (w razie potrzeby przetłumacz je przy użyciu tłumacza EN -> PL, np. korzystając ze strony <https://www.deepl.com/pl/translator>).

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wizualne i radiowe meteory
Doświadczenie konkursowe rok 2024

DZIENNIK OBSERWACYJNY – METEORY

Imię i nazwisko

	Nazwa roju	Data	Godzina	Miejsce obserwacji	ZHR	Uwagi
2 dni przed maksimum roju – obserwacje radiowe						
1 dzień przed maksimum roju – obserwacje radiowe						
Dzień maksimum roju – obserwacje radiowe						
Dzień maksimum roju – obserwacje wizualne						
1 dzień po maksimum roju – obserwacje radiowe						
2 dni po maksimum roju – obserwacje radiowe						