



Radiowe i wizualne meteory



**Szkoła Podstawowa
Klasy IV - VI
Doświadczenie konkursowe 3**

Rok 2024

1. Wstęp teoretyczny

Co to są meteory?

Tak zwane *Spadające gwiazdy*, które czasem widzimy na nocnym niebie, to w rzeczywistości ślady po bardzo małych obiektach spalających się lub silnie rozgrzewających i świecących po wejściu w atmosferę. Na Ziemię każdego dnia spada ich łącznie nawet 300 ton! Wiele z nich trafia jednak do mórz i oceanów.

Meteory to tak naprawdę ślady po tak zwanych **meteoroidach**, czyli drobnych ciałach niebieskich, które, wpadając z bardzo dużymi prędkościami w gęstą atmosferę Ziemi, rozgrzewają się w niej do wysokich temperatur i jonizują (dzielą na ładunki elektryczne dodatnie i ujemne) zostawiane za sobą powietrze. Właśnie stąd biorą się ich jasne ślady na niebie. Ziemiakom obserwatorom może się wtedy wydawać, że na krótką chwilę zapalają się, po czym nikną na tle gwiazd. Choć ich charakterystyczne smugi światła nie zawsze skierowane są ku Ziemi, meteory do dziś są błędnie określane *spadającymi gwiazdami*. W rzeczywistości nie mają z nimi nic wspólnego, a większość z nich ma wielkości zbliżone do rozmiaru ziarnka piasku.



Rys. 1. Perseidy – słynny letni deszcz meteorów. W centrum zdjęcia widoczny jest radiant tego roju. Źródło: NASA/Preston Dyches

Uwaga! Istnieje też pojęcie „**meteoryt**”. To taki meteoroid, który przetrwał fazę tworzącego za sobą świetlistą smugę meteoru, i jako „kamień” dotarł do powierzchni Ziemi lub innej planety (lub księżycy).

Roje meteorów

Meteoroidy często występują w Układzie Słonecznym jako całe **roje** obiektów. Gdy Ziemia raz do roku napotka taką chmurę drobnych cząstek na swojej drodze, czyli orbicie wokół Słońca, wpadają one w jej atmosferę całymi strumieniami, a na niebie zdają się rozchodzić promieniście z jednego wyróżnionego miejsca, które nazywamy **radiantem roju**. Roje są pozostałościami po rozpadających się kometach lub planetoidach, które często krążą wokół Słońca po wydłużonych orbitach i co określony czas powracają w jego sąsiedztwo. Wówczas ulegają ogrzaniu ciepłem Słońca, więc ich lód odparowuje, pozostawiając za sobą jedynie skaliste drobiny. W ten sposób po dłuższym czasie kometa może po prostu rozpaść się na liczne drobne kawałki, na które później przez całe tysiąclecia Ziemia natrafia w pewnym miejscu na swojej orbicie. Dlatego właśnie roje widzimy raz do roku.

Jednym ze słynnych, długowiecznych rojów meteorów są sierpniowe Perseidy (Rys. 1), które występują w największej liczbie nocą z 12 na 13 sierpnia każdego roku. Jeśli jeszcze ich nie znasz, koniecznie spróbuj na nie „zapolować” – za zgodą opiekunów – w letnie wakacje. Pamiętaj jednak, że meteory nie wpadają w atmosferę jedynie w rojach! Każdego dnia w atmosferę Ziemi wpadają również liczne drobiny niezwiązane z żadnym z rojów.

Zanieczyszczenie światłem

Problem zanieczyszczenia nieba światłem jest znany od kilkudziesięciu lat. To nadmierne oświetlenie nieba nocą na skutek różnych sztucznych źródeł światła: na przykład latarni ulicznych, neonów, wielkich powierzchni reklamowych. Takie zaświecenie nie wpływa dobrze na życie roślin, zwierząt i ludzi. Utrudnia też obserwacje astronomiczne, także te o charakterze naukowym. Więcej na ten temat możesz dowiedzieć się, wykonując tegoroczne Doświadczenie Konkursowe nr 1.

Zanieczyszczenie światłem wpływa też na to, jak wiele meteorów widzimy na niebie. Dotyczy to również rojów meteorów. Dlatego do ich obserwacji wizualnych, czyli prowadzonych w świetle widzialnym, polecamy miejsca położone z dala od miast, z ciemnym tłem nieba: obszary wiejskie i podmiejskie, góry, plaże, lasy.

Na poniższym zestawieniu dwóch zdjęć możemy zobaczyć, jak zanieczyszczenie świetlne osłabia widoczność meteorów z najbardziej widowiskowego, sierpniowego roju Perseidów. Jego wynikiem jest „gubienie” przez obserwatorów i fotografów nieba słabszych meteorów, które znikają w łunie świetlnej ponad miastami. Po lewej stronie znajduje się fragment zdjęcia Perseidów z roku 2020 wykonanego na Słowacji. Po prawej stronie – fragment zdjęcia wykonanego tej samej nocy w Czechach. Ujęcie po lewej zrobione zostało z najciemniejszego obszaru Słowacji, czyli Parku Ciemnego Nieba Połoniny. Ujęcie po stronie prawej wykonano nad czeskim jeziorem Seč, gdzie występuje już znacznie bardziej zaświecone niebo wiejsko-podmiejskie.



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

Jak obserwować meteory?

Gdy przez ziemską atmosferę przelatuje znaczna ilość meteorów danego roju, mówimy o *deszczu meteorów*. To zjawisko dość łatwe do obserwacji, ponieważ nie potrzebujemy w tym celu żadnych przyrządów optycznych. Obserwacje najlepiej jest 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, a jednocześnie takie, gdzie drzewa i budynki nie będą nam zasłaniały dużej części nieba. Pamiętajmy o ciepłym stroju – szczególnie jesienią i zimą noce bywają bardzo chłodne.

Zaczynamy od określenia na niebie radiantu danego roju, czyli – w uproszczeniu – gwiazdozbioru, z którego jego meteory wydają się rozchodzić na niebo. Przy profesjonalnych obserwacjach astronomicznych meteory danego roju obserwuje się przez co najmniej godzinę, zapisując na koniec ich widzianą liczbę (zliczając je). Ta liczba to tak zwana *zenitalna liczba godzinna*, oznaczana skrótem ZHR: określa ona liczbę meteorów 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 radiant danego roju powinien znajdować się ponad horyzontem, najlepiej dość wysoko na niebie. Poniżej w tabeli podajemy tylko te roje meteorów, dla których w okresie maksimum ich aktywności widoczny z Polski radiant jest w nocy ponad horyzontem. Dodatkowo pogrubione linie tabeli odpowiadają tym rojom, dla których radiant już na długo przed północą, czyli wieczorem, znajduje się 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 (<i>Orion</i>)	wysoka
Północne Taurydy	1 XI – 25 XI	12 XI	Byk (<i>Taurus</i>)	średnia
Leonidy	14 XI – 21 XI	17 XI	Lew (<i>Leo</i>)	nieregularna
Geminidy	7 XII – 17 XII	14 XII	Bliźnięta (<i>Gemini</i>)	wysoka
Ursydy	17 XII – 26 XII	22 XII	Mała Niedźwiedzica (<i>Ursa Major</i>)	wysoka
Kwadrantydy	1 I – 5 I	3 I	Wolarz/Herkules/Smok (<i>Bootes/Hercules/Draco</i>)	wysoka
Lirydy	15 IV – 28 IV	22 IV	Lutnia/Herkules (<i>Lyra/Hercules</i>)	wysoka
Perseidy*	17 VII – 24 VIII	12 VIII	Perseusz (<i>Perseus</i>)	wysoka

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

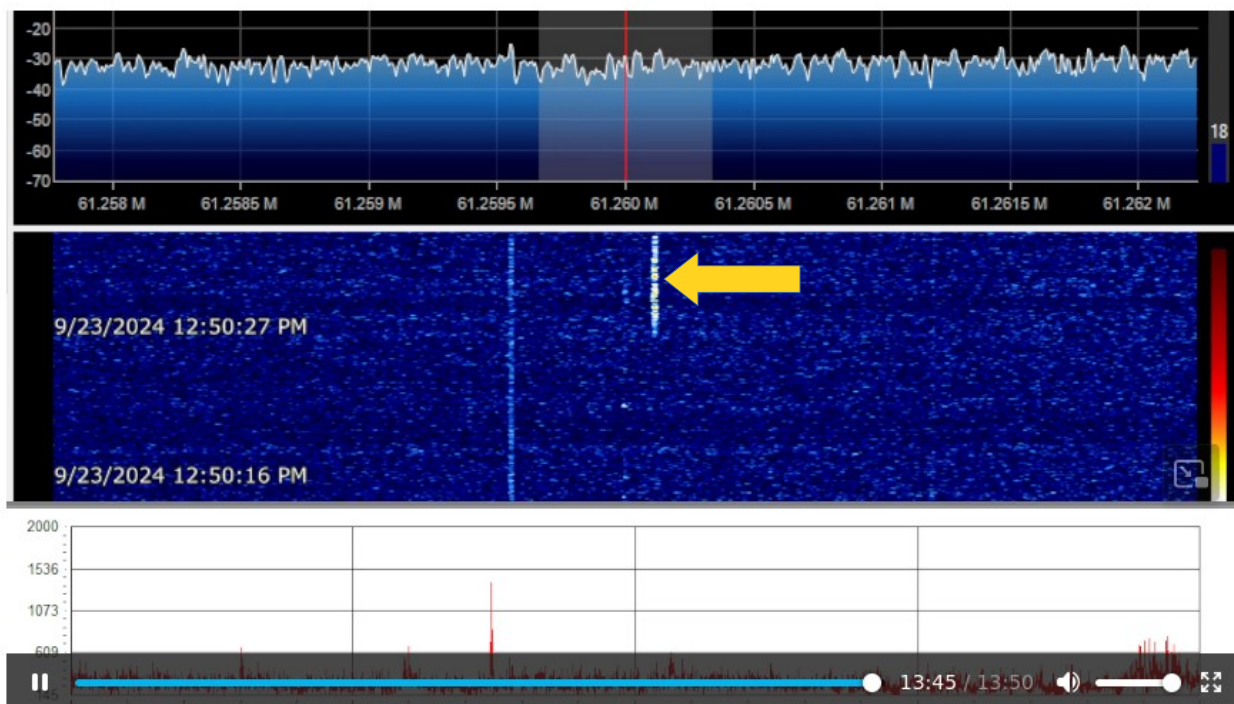
Meteory widoczne na falach radiowych

Podobnie jak wiele innych zjawisk na niebie, spalające się w atmosferze meteory 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 na niebie. Ta sama smuga plazmy (materii gazowej, w której większość cząstek jest naładowana elektrycznie) może wtedy skutecznie odbijać na bardzo duże odległości fale radiowe. Oznacza to, że mając odpowiedni odbiornik radiowy, możemy bezpośrednio rejestrować sygnały radiowe odbijane od plazmowych smug śladów meteorów. Potrzebujemy jeszcze odpowiednio silnego nadajnika radiowego, który będzie wcześniej generował/nadawał sygnały przeznaczone do odbijania 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, które powstają na wysokościach od 85 do 105 km nad powierzchnią Ziemi.

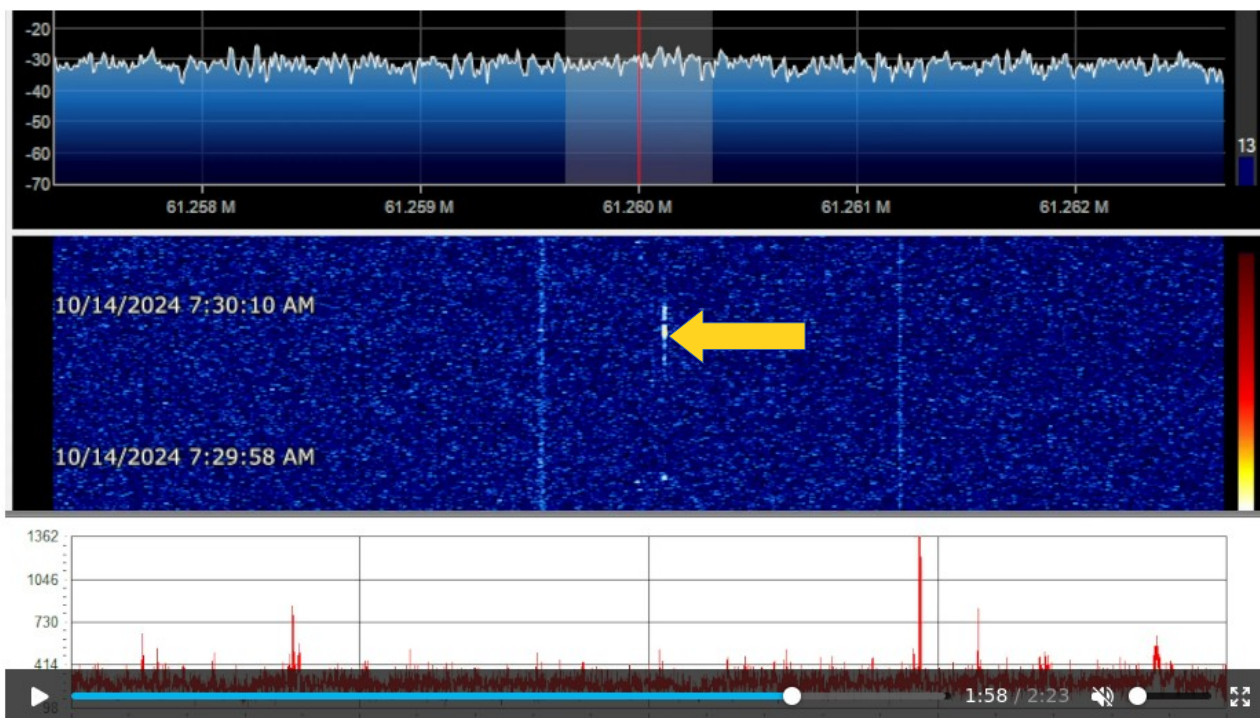
Taką parą urządzeń wyłapujących odbite sygnały jest nadajnik zlokalizowany w Kanadzie i odbiornik pracujący w Waszyngtonie (USA). Odbijane od meteorytowych śladów sygnały z nadajnika, wykrywane następnie przez odbiornik, można na bieżąco śledzić graficznie na stronie <https://www.livemeteors.com/>.



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 doświadczenia jest dokładne 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. Ponadto zapoznają się z różnicami czasu lokalnego na świecie i ich skutkami.

3. Opis wykonania doświadczenia

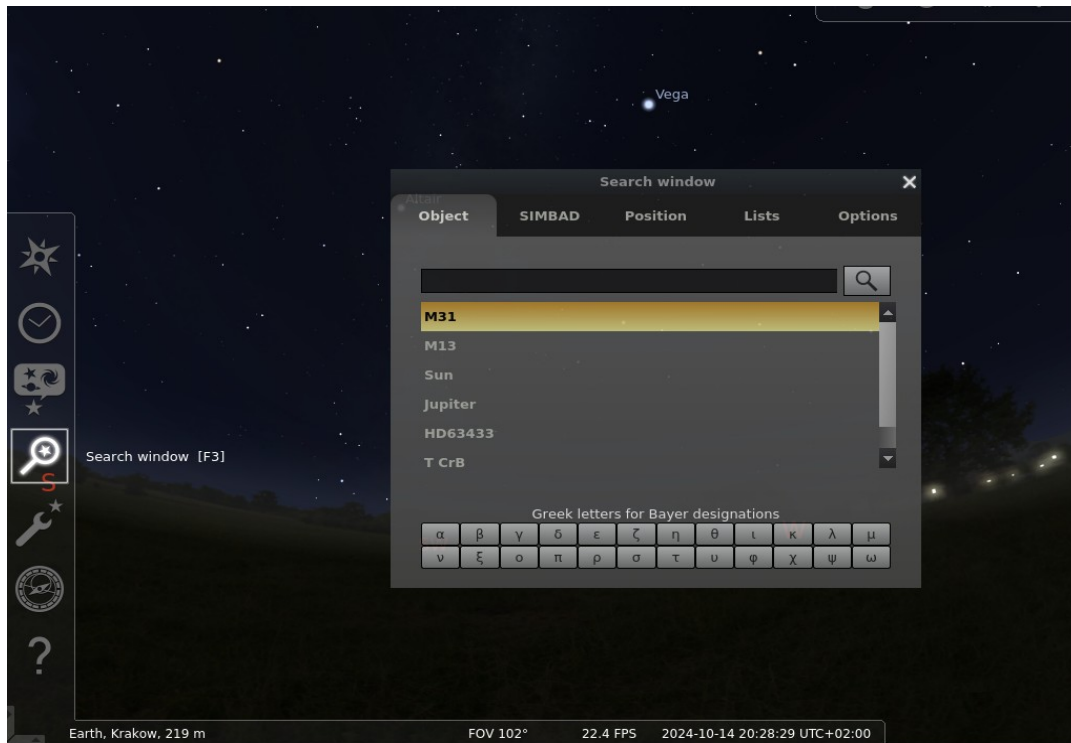
1. Spójrz na tabelkę na stronie 5 tego doświadczenia konkursowego i zaplanuj, które maksima aktywności najbliższych rojów meteorów chcesz zaobserwować wizualnie. Jeśli to możliwe, obserwacje takie postaraj się wykonywać w parze lub większej grupie osób. **Uwaga, wszystkie obserwacje meteorów prowadzone w terenie uzgadniaj z opiekunami!** Dla pierwszego wybranego roju dobierz kilka terminów (np. jeden dzień przed i jeden dzień po jego maksimum) na wypadek zachmurzonego nieba w dniu samego maksimum.
2. Gdy masz już wybrany rój do obserwacji, sprawdź, o której godzinie w dniu jego maksimum jego radiant jest wysoko nad horyzontem. Meteory mogą być widoczne na niebie nawet wtedy, gdy jest on pod horyzontem, jednak im wyżej on 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 którego obrębie leży radiant (patrz tabela, str. 5) jest wieczorem lub w pierwszej połowie nocy widoczny na niebie ponad horyzontem. Jeśli korzystasz ze Stellarium, spróbuj odnaleźć związany z radiantem roju gwiazdozbiór w polu wyszukiwania *Search window* z lupką (patrz Rysunek 7). Ustaw Stellarium na danych dzień i wybierz 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 5 tą drugą 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 (okolice miasta, z których chcesz obserwować) i datę (maksimum roju lub wybrany, bliski mu termin) – patrz Rysunek 6. Określ też z pomocą Stellarium, w jakim kierunku na niebie widoczny jest gwiazdozbiór, w pobliżu którego znajduje się radiant (N, S, E, W).

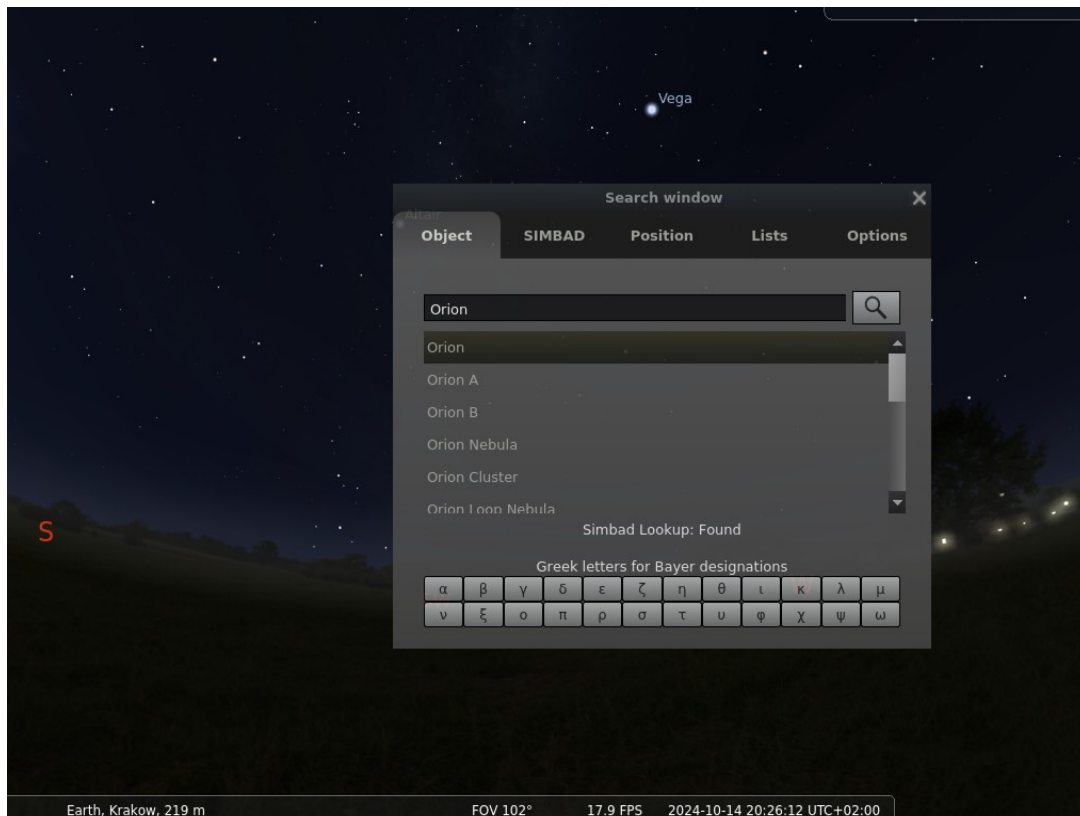


Rys. 6. Ustawianie godziny i daty obserwacji w Stellarium

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Radiowe i wizualne meteory
Doświadczenie konkursowe 2024



Rys. 7. Pole wyszukiwania w Stellarium



Rys. 8. Wyszukiwanie gwiazdozbioru Oriona w Stellarium

3. Przygotuj Dziennik Obserwacyjny – przykładowy znajdziesz na końcu Doświadczenia.

4. Po znalezieniu dogodnego miejsca z jak najciemniejszym tłem nieba przyjmij wygodną pozycję, skieruj oczy mniej więcej w tę stronę nieba, w której znajduje się radiant roju, a następnie zacznij zliczać meteory (błyski 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 4 (dla 15 minut obserwacji). Zanotuj też czas i miejsce obserwacji, nazwę roju oraz ewentualnie dodatkowe uwagi, np. stopień zaświecenia nieba, obecność chmur czy innych przeszkód w obserwacjach. Na mapie zanieczyszczenia światłem:

https://www.cleardarksky.com/maps/lp/large_light_pollution_map.html sprawdź teraz, jaki jest poziom zanieczyszczenia światłem w Twoim miejscu obserwacji w skali Bortle’a (legenda odpowiadająca poszczególnym kolorom na mapie znajduje się w opisie w tabeli pod samą mapą na ww. stronie). Uwaga! Część Doświadczenia poświęconą obserwacjom wizualnym możesz oczywiście pominąć, jeśli nie ma odpowiedniej pogody lub nie masz warunków do obserwacji nocnego nieba.

5. Dla dnia maksimum roju lub blisko tego dnia – np. dzień przed lub dzień po nim – odpowiednio wcześniej wyznacz lokalny czas w Polsce odpowiadający **godzinie 7** nad ranem w mieście Timmins w Kanadzie (czyli przybliżonej lokalizacji miejsca obserwacji meteorów radiowych, której metodę opisano powyżej). Możesz go wyliczyć wiedząc, że różnica czasu między Timmins a Warszawą wynosi 6 godzin, a każdego dnia Słońce wschodzi najpierw w Europie, a dopiero następnie w Ameryce Północnej (a zatem poranek ma miejsce wcześniej w Polsce niż w Kanadzie). Następnie oblicz w ten sam sposób, która godzina czasu lokalnego w Polsce odpowiada **godzinie 18** (6 wieczorem) w Timmins. Przykład: jeśli wiadomo, że różnica czasu między Warszawą a miastem A wynosi 3 godziny, a miasto to znajduje się na zachód od Warszawy, to lokalnie w Warszawie mamy czas urzędowy o 3 godziny późniejszy niż w mieście A.

6. W dniu maksimum roju lub blisko tego dnia (dzień przed lub dzień po nim), niezależnie o dwóch wyznaczonych w punkcie 5. godzinach czasu polskiego, odpowiadających lokalnemu porankowi (około **godziny 7**) i lokalnemu wieczorowi (około **godziny 18**) w Kanadzie, przejdź na stronę <https://www.livemeteors.com/>. Przez 15 lub 30 minut zliczaj radiowe sygnały pochodzące od meteorów (przykłady na Rys. 4 i 5). Będą miały one formę przelotu, czyli nieregularnego, jaśniejszego paska na radiowym tle. Pasek ten szybko

porusza się po ekranie i znika po kilku sekundach. Zapisz ich liczbę (pomnożoną przez 4 w przypadku obserwacji sygnałów radiowych 15-minutowych lub 2 dla 30-minutowych), aby uzyskać szacowaną wartość dla pełnej godziny, w odpowiedniej kolumnie w Dzienniku Obserwacyjnym. Jako miejsce obserwacji możesz wpisać „Timmins”, a jako czas obserwacji meteorów radiowych – czas miejsca obserwacji, czyli czas lokalny Timmins.

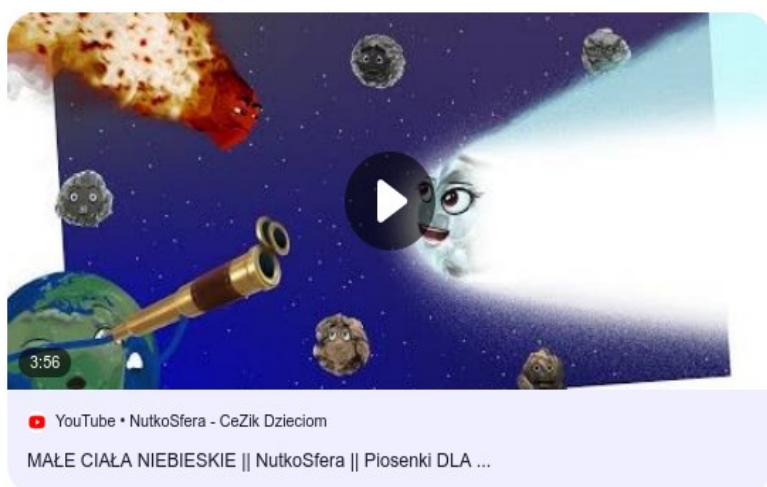
7. Mniej więcej 10 dni po maksimum obserwowanego w krokach 4-6 roju powtórz wszystkie obserwacje. Najpierw spoglądaj w czyste, niezachmurzone niebo w kierunku radiantu obserwowanego wcześniej roju przez 15 lub 30 minut i zapisz liczbę zliczonych na nim błysków meteorów. Następnie wejdź ponownie dwa razy w ciągu doby na stronę <https://www.livemeteors.com/> i przez 15 lub 30 minut, licząc od wyznaczonych w punkcie 5 godzin odpowiadających porankowi i wieczorowi w Timmins, zliczaj radiowe sygnały pochodzące od meteorów. Zanotuj wszystkie wyniki w Dzienniku Obserwacyjnym.

8. Sprawdź, kiedy udało Ci się zliczyć więcej meteorów z wybranego roju:

- obserwując wieczorne/nocne niebo czy zliczając odbijane od nich sygnały radiowe?
- (w przypadku zliczania sygnałów radiowych): nad ranem czy wieczorem w Timmins?
- ogólnie: w maksimum roju lub blisko tego maksimum, czy około 10 dni po nim?

9. Jeśli chcesz, powtórz wszystkie obserwacje dla innego roju meteorów.

10. Aby zapamiętać jak najwięcej o meteorach i meteorytach, obejrzyj na koniec film „Małe Ciała Niebieskie” (NutkoSfera, link: <https://www.youtube.com/watch?v=1Uz9NqDV5ZM>)



Do przemyślenia i sprawdzenia w literaturze

1. Spójrz na dane zebrane w Dzienniku Obserwacyjnym. Jakie możesz wyciągnąć z nich wnioski? Kiedy i w jakich godzinach było widać najwięcej śladów meteorów na falach radiowych? Czy z Twoich obserwacji wynika, że udało Ci się zaobserwować maksimum roju?
2. Czy zanieczyszczenie światłem miało wpływ na Twoje obserwacje wizualne roju?
3. Jak sądzisz, czy wszystkie obserwacje radiowych śladów odbicia meteorów faktycznie były związane z tymi drobnymi ciałami niebieskimi? Czy podejrzewasz, że przez przypadek udało Ci się zaobserwować samolot lub inny obiekt będący wytworem ziemskiej cywilizacji? Jeśli tak, to jaki to może być obiekt? Czy na obserwacje na falach radiowych może wpływać zanieczyszczenie nieba światłem (lub tzw. zanieczyszczenie nieba radiowego)?
4. Czy pora dnia (poranek, wieczór) miała wpływ na liczbę zaobserwowanych meteorów „radiowych”? Jak pora dnia wiąże się z ruchem Ziemi na jej orbicie? Pamiętaj, że Ziemia obraca się z zachodu na wschód.

Sprawdź informacje na stronie: astrolabium.oa.uj.edu.pl/node/65

DZIENNIK OBSERWACYJNY – METEORY

Imię i nazwisko

	Nazwa roju	Data	Godzina	Miejsce obserwacji	ZHR	Uwagi
Obserwacje wizualne na niebie - okolice maksimum roju						
Obserwacje radiowe – okolice maksimum roju, lokalny poranek w Kanadzie						
Obserwacje radiowe – okolice maksimum roju, lokalny wieczór w Kanadzie						
Obserwacje wizualne na niebie - około 10 dni po maksimum roju						
Obserwacje radiowe – 10 dni po maksimum roju, lokalny poranek w Kanadzie						
Obserwacje radiowe – 10 dni po maksimum roju, lokalny wieczór w Kanadzie						