

Astrolabium

Konkurs astronomiczny

Wędrowki i złączenia planet



Szkoła Podstawowa
Klasy VII-VIII
Doświadczenie konkursowe 1

Rok 2023

1. Wstęp teoretyczny

Wędrujące gwiazdy to termin używany do opisu ruchu planet na niebie. Skąd się wziął? Planety wydają się poruszać w stosunku do gwiazd, w przeciwieństwie do samych gwiazd, które zdają się nieruchome. Starożytni Grecy i Rzymianie używali określenia *planetes* (w języku greckim od *planao*, czyli „błądzą”) lub wędrujące gwiazdy do opisu pięciu jasnych planet, które były wtedy znane: Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna.

Dawne cywilizacje miały niejasne pojęcie o planetach i ich ruchu. Były one obserwowane jako jasne obiekty, wyraźnie i szybko poruszające się na tle pozornie nieruchomych gwiazd. Często kojarzono je z bogami lub postaciami mitologicznymi. Starożytni Babilończycy prawdopodobnie jako pierwsi systematycznie śledzili ruchy planet i zapisywali je w formie tabel. Grek Pitagoras już wtedy sądził, że Ziemia jest kulą i obraca się wokół własnej osi. Inny filozof, Arystarchus z Samos, był pierwszą znaną historii osobą, która zaproponowała model Układu Słonecznego ze Słońcem znajdującym się w centrum i planetami krążącymi wokół niego. Pomysł ten nie był jednak powszechnie akceptowany – aż do czasów Kopernika.

Kręci się!

Urodzony 550 lat temu Mikołaj Kopernik był prawdziwym człowiekiem renesansu: strategiem, prawnikiem, matematykiem, lekarzem, ekonomem, kartografem i poetą. To jemu zawdzięczamy słynne geometryczne Twierdzenie Kopernika, a także ekonomiczne Prawo Kopernika-Greshama, zgodnie z którym *gorszy pieniądz wypiera lepszy*.

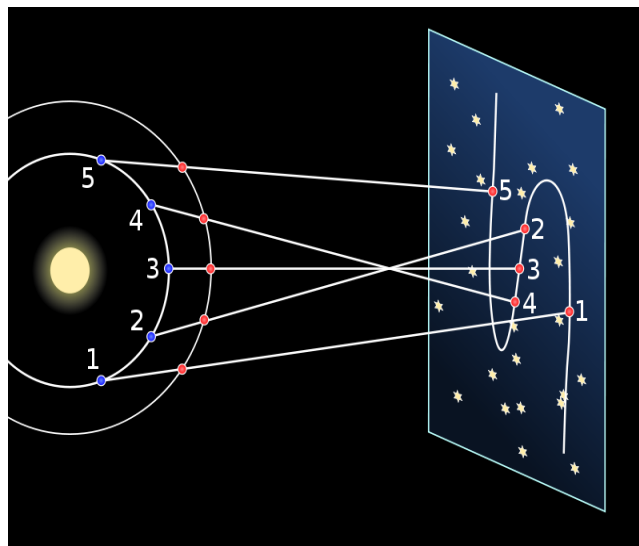


W historii zapisał się jednak głównie jako astronom. Obserwator nieba, który zmienił nasz sposób myślenia o Ziemi i kosmosie. Zauważył, że nauczana w jego czasach wizja świata nie za dobrze zgadzała się z obserwacjami. Przy okazji wniósł ogromny wkład we współczesną metodę naukową, twierdząc, że każda teoria – na przykład właśnie ta dotycząca ruchów ciał niebieskich – powinna być zgodna z tym, co faktycznie obserwujemy. Jego obserwacje nieba otworzyły drogę dla późniejszej mechaniki klasycznej i teorii grawitacji Newtona.

Wcześniej wierzono, że planety (w czasach Kopernika znano ich też tylko 5) wraz z błędnie zaliczanym do nich Księżycem i Słońcem okrążają Ziemię. Dla społeczeństw obserwujących niebo okiem nieuzbrojonym, bez przyrządów astronomicznych, wszystko się zgadzało: Słońce wschodziło na wschodzie, przechodziło przez całe niebo i zachodziło na zachodzie, po czym cykl tego pozornego ruchu wokół Ziemi powtarzał się. Podobnie, choć jeszcze bardziej nietypowo, zachowywał się Księżyc. Planety leżące bliżej Słońca niż Ziemia, czyli Merkury i Wenus, zawsze były

na niebie blisko Słońca i też zdawały się okrążyć wraz z nim Ziemię. Nieco wolniej „krążyły” wokół niej Mars, Jowisz i Saturn, choć w tym przypadku ich ruch na sferze niebieskiej był skomplikowany i budził słuszne wątpliwości. Przede wszystkim **teoria geocentryczna**, o której mowa, wydaje się nam dziś (i mogła wydawać się dawniej) zbyt skomplikowana. Słońce i Księżyc poruszają się w niej dookoła Ziemi na kołowych orbitach, ale środki tych orbit miałyby leżeć nieco poza zajmującą centrum Wszechświata Ziemią. Ten pomysł, choć dziwaczny, lepiej tłumaczył rzeczywiste, obserwowane ruchy tych ciał. Dużo większy problem był z wyjaśnieniem obserwacji planet. Niektóre obserwowane z Ziemi planety, w tym Mars, zakresłają na niebie charakterystyczne pętle. Nie da się tego wyjaśnić przy założeniu, że krążą one wokół Ziemi po okręgach. W celu wyjaśnienia tego niezrozumiałego ruchu przyjęto więc założenie, że musi być on wynikiem nakładania się na siebie kilku osobnych ruchów: po kołowej orbicie, tak zwanym *deferencie*, porusza się dookoła Ziemi nie sama planeta, a środek innej, mniejszej orbity kołowej zwanej *epicyklem*, po której z kolei porusza się już sama planeta...

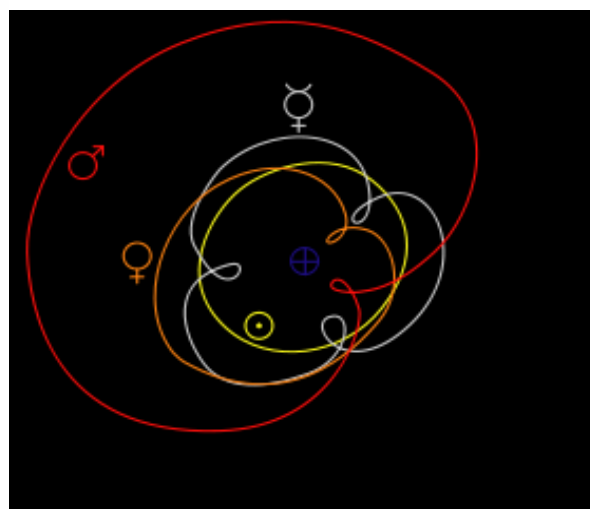
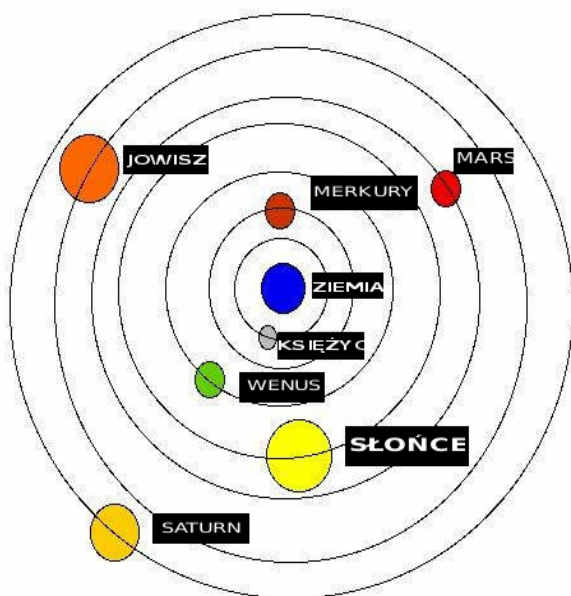
Dziś wiemy, że **pozorny ruch wsteczny Marsa** to zjawisko, w którym planeta tylko wydaje się poruszać wstecz w stosunku do gwiazd. Jest to spowodowane ruchem Marsa wokół Słońca. W pewnych momentach Mars jest po prostu bliżej Ziemi, a z czasem Ziemia „przegania go” na swojej orbicie, i stąd obserwowana pętla. Można to zaobserwować poprzez regularne obserwacje Marsa. Po kilku tygodniach zobaczymy, że jego pozycja na niebie cofa się względem gwiazd. Podobnie jest z Jowiszem i Saturnem oraz Uranem i Neptunem.



Rysunek 1. Pozorny ruch wsteczny Marsa w 2003 r. Źródło: Eugene Alvin Villar – Seav (po lewej)

Rysunek 2. Pozorny ruch wsteczny – wyjaśnienie geometryczne. Niebieskie kółko to Ziemia, czerwone – Mars. Ziemia zakresła orbitę wokół Słońca szybciej niż dalej położony Mars, przez co w pewnym momencie go „przegania” (punkt 3), a na niebie zaczyna się on odtąd poruszać pozornym ruchem wstecznym. Źródło: Brian Brondel (po prawej)

Nie odmawiając twórcom **teorii geocentrycznej** pomysłowości trzeba przyznać, że ich wyjaśnienia obserwacji planet były dość zawite. A może wyjaśnienie jest znacznie prostsze? W swoim domu we Fromborku Kopernik przeprowadził sporo obserwacji zmieniających się położeń planet na niebie. Po czym zaproponował inny opis budowy Układu Słonecznego: planety krążą wokół Słońca, a Ziemia, wokół której miałby krążyć ze znanych wówczas ciał tylko Księżyc (Kopernik już wtedy to wiedział!), obraca się dokoła własnej osi. To wiele upraszczało, a przede wszystkim było bardziej zgodne z obserwacjami.

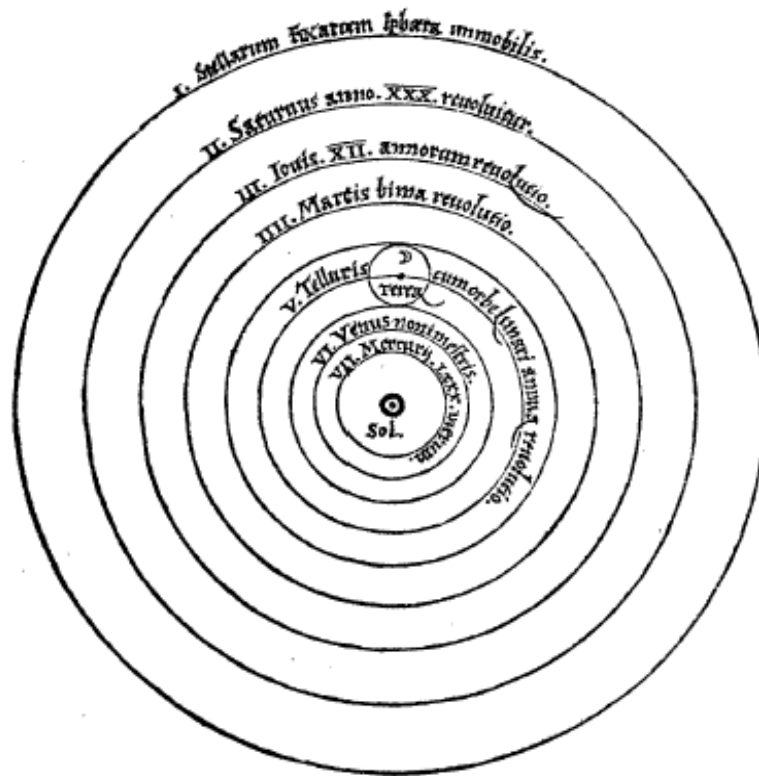


Rysunek 3. Model geocentryczny. Źródło: people.highline.edu (po lewej)

Rysunek 4. Uprozczone odwzorowanie ruchów wybranych planet na deferentach i epicyklach w teorii geocentrycznej (po prawej). Źródło: Celestia/Jecowa. Ciałom niebieskim przypisano astronomiczne oznaczenia symboliczne:

- ☉ (symbol Słońca)
- ☿ (symbol Merkurego)
- ♀ (symbol Wenus)
- ⊕ (symbol Ziemi)
- ♂ (symbol Marsa)

Kopernik wiedział, że jego teoria jest bardziej wiarygodna, ponieważ wyjaśniała ona (wreszcie!) wiele zjawisk, w tym pozorne ruchy wsteczne planet, trudne do wyjaśnienia w teorii geocentrycznej. Ostatecznie **teoria heliocentryczna** zrewolucjonizowała nasze postrzeganie Wszechświata i stanowi ona ważny krok w rozwoju całej nauki. Prace Kopernika są dziś uważane za jedno z najważniejszych w historii astronomii.



Rysunek 5. Model heliocentryczny Kopernika, przedstawiony w jego słynnej książce *De revolutionibus orbium coelestium*. W środku widzimy „Sol”, czyli po polsku Słońce. Kolejno okrążają je: Merkury (Kopernik przypisał mu orbitę nr VII), Wenus (na orbicie VI), następnie Terra, czyli Ziemia, na orbicie V, dodatkowo okrążana przez Księżyc; Mars na orbicie nr IV, Jowisz i Saturn na orbitach III i II, i wreszcie powszechnie uznawana wówczas za pewnik, nieruchoma sfera gwiazd stałych o numerze I. Warto zwrócić uwagę na nietypowy zapis numerów orbit – od końca względem Słońca – i nietypowy zapis rzymskiej liczby 4). Źródło: Wikipedia



Rysunek 6. Rzeczywiste skale odległości między planetami w Układzie Słonecznym.
Źródło: NASA/Dave Jarvis

W rzeczywistości planety dzielą dziesiątki lub setki milionów kilometrów. Ilustracja Układu Słonecznego we właściwej, rzeczywistej skali znajduje się na Rysunku 7. W porównaniu z Jowiszem, Saturnem, Uranem i Neptunem cztery pierwsze planety licząc od Słońca (w tym Ziemia) wydają się być bardzo blisko Słońca. W rzeczywistości średnia odległość Ziemi od Słońca to 150 milionów kilometrów, czyli około 8 minut świetlnych!

Jakie planety widać danego dnia na niebie? To zależy od ich chwilowego położenia względem Słońca. Planety nie krążą wokół niego w jednej linii, jak czasem sugerują obrazki ilustrujące Układ Słoneczny, są raczej „rozsypane” wokół niego na różnych orbitach i w różnych punktach swych orbit. Czasem przez kilka tygodni są za Słońcem z punktu widzenia obserwatora na Ziemi, przez co ich nie widać. Czasem usytuowane są tak, że moglibyśmy je zobaczyć, ale tylko na dziennym niebie. Czasem dwie planety, w rzeczywistości bardzo odległe, na wieczornym niebie widzimy tuż obok siebie – zjawisko takie nazywamy złączeniem lub koniunkcją. Przez kilka dni mogą znaleźć się też w pobliżu jasnej gwiazdy lub gromady gwiazd.

Na poniższych ilustracjach zamieszczono pozycje planet na wieczornym i porannym niebie w lutym, marcu i kwietniu 2023 r. Ilustracje pochodzą z darmowego, dostępnego w Internecie programu Stellarium (<https://stellarium.org/pl/>). Oprogramowanie dostępne jest także w wersji przeglądarkowej (<https://stellarium-web.org/>) oraz na telefony komórkowe.



Rysunek 7. Luty 2023 r. – planety (Wenus, Mars, Jowisz (ang. *Jupiter*), Uran (ang. *Uranus*)) widoczne z okolic Krakowa, po zachodzie Słońca i na wieczornym niebie, nad horyzontem południowo-zachodnim. Źródło: Stellarium

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wędrowki i złączenia planet
Doświadczenie konkursowe rok 2023

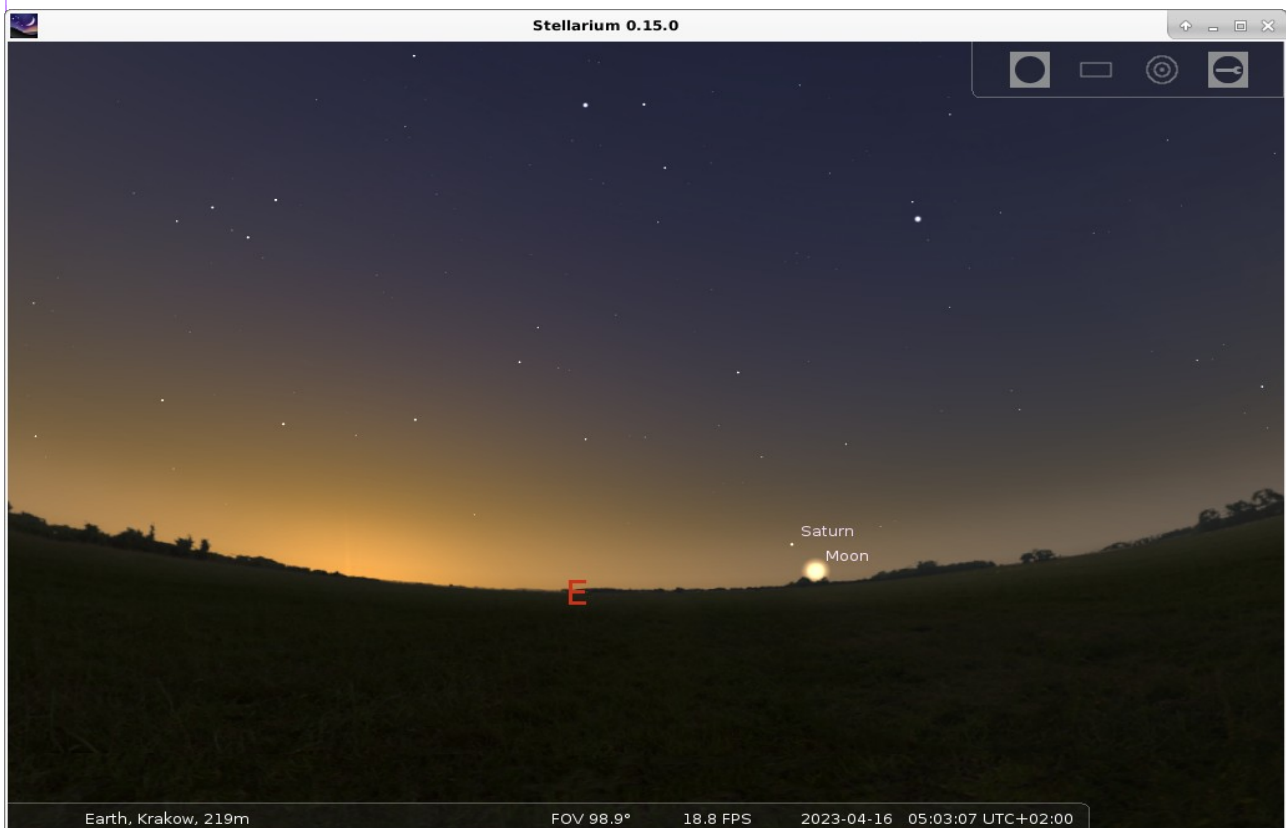


Rysunek 8. Połowa marca 2023 r. – planety widoczne z okolic Krakowa, na wieczornym niebie, nad horyzontem południowo-zachodnim (S-W). Jowisz zachodzi już wcześniej i nie jest widoczny. Źródło: Stellarium



Rysunek 9. Połowa kwietnia 2023 r. – planety widoczne z okolic Krakowa, po zachodzie Słońca i na wieczornym niebie, nad horyzontem południowo-zachodnim (S-W). Zwróć uwagę, że Mars od lutego nieznacznie, ale już dostrzegalnie przesunął się na tle gwiazd. Źródło: Stellarium

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wędrowki i złączenia planet
Doświadczenie konkursowe rok 2023



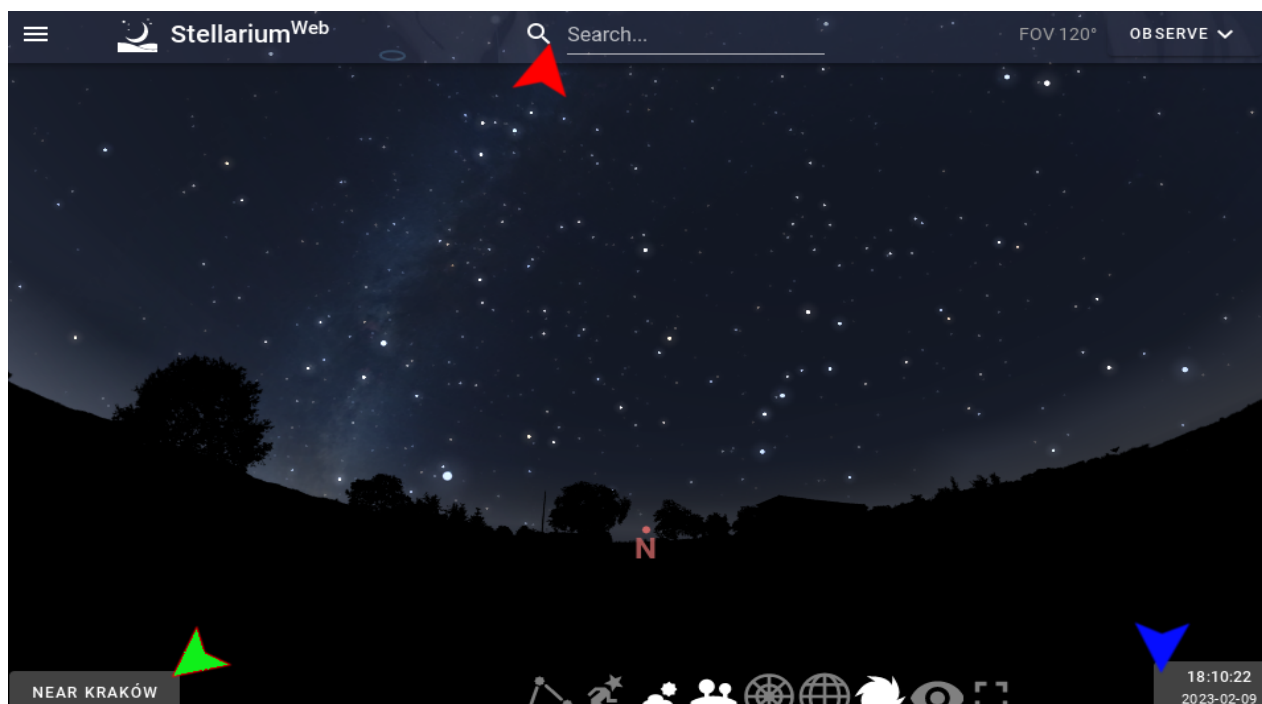
Rysunek 10 i Rysunek 11. Niebo poranne, tuż przed wschodem Słońca, w marcu (na górze) i kwietniu (na dole) 2023 r. Widzimy, że z planet jest tu widoczny tylko Saturn, który jeszcze w marcu chowa się w blasku wschodzącego Słońca, ale już w kwietniu jest rankiem coraz bardziej dostępny do obserwacji. Źródło: Stellarium

Cel doświadczenia

Celem doświadczenia jest nauka rozpoznawania planet na niebie i zrozumienie ich pozornych ruchów. Uczniowie uczą się prowadzenia dziennika obserwacyjnego i korzystania z oprogramowania Stellarium – zaawansowanej, intuicyjnej mapy nieba dostępnej w Internecie, także w wersji niewymagającej instalacji. Zaznajamiają się z widokiem nocnego nieba, uczą się angielskich nazw planet i ich symboli astronomicznych. Poznają wagę badań Mikołaja Kopernika.

2. Opis wykonania doświadczenia

1. Przejdź na stronę <https://stellarium-web.org/>. Jeśli chcesz, by program automatycznie pobrał informacje o Twojej lokalizacji, zgódź się na jej udostępnienie. Sprawdź, czy lokalizacja (zielona strzałka poniżej) jest prawidłowa, i czy data i czas ustawione są dobrze w prawym dolnym rogu okna (niebieska strzałka). Jeśli nie, popraw je, klikając bezpośrednio w ich okienka zaznaczone strzałkami i wybierając poprawne wartości. Jeśli włączysz Stellarium za dnia, prawdopodobnie w oknie godziny będzie podana data „wieczorna” dla tego samego dnia. Nie zmieniaj jej.



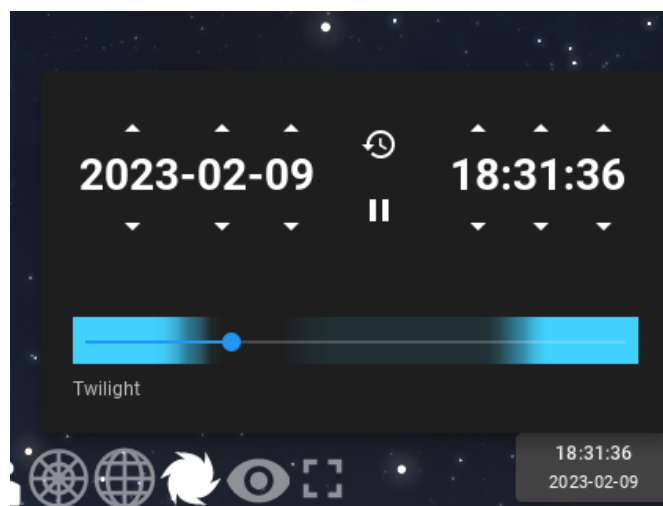
Rysunek 12. Okno główne programu Stellarium w przeglądarce.

Aby wyszukać pozycję danej planety na niebie w danym dniu, w pole *Search* (panel górny, miejsce to wskazuje strzałka czerwona) wpisz jej nazwę w języku angielskim (*Mercury, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune*), po czym wybierz obiekt z listy. Program pokaże pozycję planety na niebie, o ile tego dnia jest widoczna. Widoczność planet jest także zależna od pogody i Twojego otoczenia (rzeźby terenu, budynków). Może się okazać, że planeta danego dnia jest pod horyzontem. Aby przybliżyć obraz planety w oknie mapy, użyj rolki myszy.



Rysunek 13. Stellarium w przeglądarce – Merkury pod horyzontem.

2. Sprawdź w Stellarium, gdzie i w jakim kierunku na niebie można danego dnia dostrzec różne planety. Spróbuj wyszukać planety najdalsze: Urana i Neptuna (*Uranus*, *Neptune*). Zmień datę obserwacji na dwa, a następnie cztery tygodnie do przodu. Jak teraz zmieniły się pozycje planet? Czy wszystkie planety są teraz widoczne? Spróbuj też wybrać datę za miesiąc i dwa miesiące od teraz.



Rysunek 14. Stellarium w przeglądarce – zmiana daty i godziny obserwacji. Możesz wybrać datę i godzinę za pomocą strzałek albo użyć dostępnego poniżej suwaka czasu.

3. Przez kilka tygodni od końca lutego do kwietnia w każdy pogodny wieczór (jeśli chcesz, także w pogodny poranek) obserwuj na niebie widoczne planety. Aby sprawdzić, które z nich są możliwe do obserwacji, skorzystaj z programu Stellarium (punkt 1) lub innego podobnego narzędzia. Zwróć

szczególną uwagę na dni wymienione w karcie pracy dołączonej do doświadczenia (**Wędrowki i złączenia planet**) i postaraj się zaobserwować wymienione w niej zjawiska, związane ze złączeniami planet lub ich bliskimi położeniami względem znanych gwiazd, innych planet lub Księżyca. Jeśli danego dnia nie możesz obserwować lub nie sprzyja temu pogoda, nie przejmuj się – spróbuj kolejnego pogodnego dnia. Wyniki obserwacji, wraz z właściwą datą i godziną obserwacji, zapisuj w kolumnie nr 2, nawet jeśli od zjawiska wymienionego w kolumnie 1 minie kilka dni. Zapisuj to, co faktycznie widać na niebie. Możesz także dodać do tabeli kolejne wiersze i inne, własne obserwacje ciekawych zjawisk. Kartę pracy wypełnij na komputerze lub wydrukuj i wypełnij ręcznie. Obserwuj planety uważnie i systematycznie – bądź jak Kopernik!

Uwaga! Jeśli masz możliwość, do obserwacji planet skorzystaj z lornetki. Nigdy nie spoglądaj przez lornetkę (lunetę, teleskop i inne przyrządy optyczne) w okolice wschodzącego lub zachodzącego Słońca! Grozi to uszkodzeniem wzroku.

3. Neptun, obecnie najdalsza planeta Układu Słonecznego, została odkryta 23 września 1846 r. Wiedząc, że jej okres orbitalny wynosi w przybliżeniu 165 lat, oblicz, ile pełnych obiegów wokół Słońca Neptun ukończył od chwili jego zaobserwowania przez astronoma Johanna Galla w miejscu na niebie przewidzianym wcześniej przez innego astronoma i matematyka, Urbaina Le Verriera.

Do przemyślenia i doczytania:

1. Które planety Układu Słonecznego poruszają się na niebie z naszego punktu widzenia najwolniej? Dlaczego tak jest?
2. Dlaczego Uran i Neptun nie były znane jako planety w Starożytności i jeszcze wiele stuleci potem?
3. O czym mówi Prawo Kopernika-Greshama?