



Wędrujące planety



Szkoła Podstawowa
Klasy IV – VI
Doświadczenie konkursowe 1

Rok 2023

1. Wstęp teoretyczny

Wędrujące gwiazdy to historyczny termin używany do opisu wędrówki planet na nocnym 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 słowa *planao*, czyli „błądzą”) lub *wędrujące gwiazdy* do opisu pięciu planet, które były wtedy znane. To planety dobrze widoczne okiem nieuzbrojonym: Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn.

Starożytne cywilizacje miały niejasne pojęcie o planetach i ich ruchu na niebie. Były one obserwowane jako jasne obiekty, wyraźnie i dość szybko poruszające się na tle pozornie nieruchomych gwiazd. Często kojarzono je z bogami i postaciami mitologicznymi. Starożytni Babilończycy prawdopodobnie jako pierwsi systematycznie śledzili ruchy planet i zapisywali je w formie tabel. Grecki filozof Pitagoras już wtedy sądził, że Ziemia jest kulą i obraca się wokół własnej osi. Inny filozof, Arystarchus z Samos, był pierwszą znaną w 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!

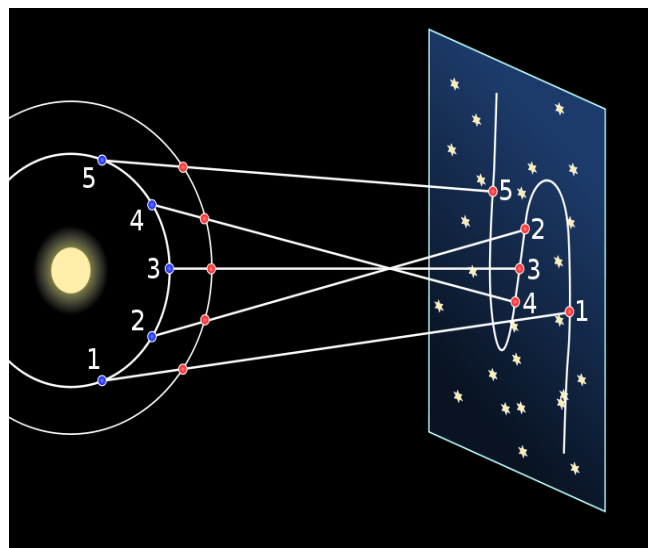
Żyjący na przełomie XV i XVI wieku naszej ery (czy wiesz, ile to mniej więcej lat temu? Policz!) Mikołaj Kopernik znał się na wielu sprawach. Był cenionym strategiem wojskowym, lekarzem, filozofem. Wiedział dużo na temat pieniędzy, a w wolnych chwilach pisał poezję i tworzył mapy. W historii zapisał się jednak przede wszystkim jako wybitny naukowiec, który zmienił nasz sposób myślenia o Ziemi i kosmosie. Słynny astronom zauważył, że nauczana w jego czasach wizja świata nie jest do końca zgodna z obserwacjami. Przy okazji wniósł ogromny wkład w całą współczesną metodę naukową, twierdząc, że każda teoria – na przykład ta dotycząca ruchów ciał niebieskich – powinna być zgodna z tym, co faktycznie widzimy, czyli z obserwacjami.



Wcześniej przez stulecia wierzono, że planety (w czasach Kopernika znano ich też tylko 5) razem z błędnie zaliczanym do nich Księżycem i Słońcem okrążają po orbitach kołowych Ziemię. Nie było w tym właściwie nic dziwnego. Dla społeczeństw obserwujących niebo okiem nieuzbrojonym, bez przyrządów astronomicznych, wszystko się zgadzało: Słońce wschodziło na wschodzie, przechodziło przez całe niebo, zachodziło na zachodzie, po czym cykl jego pozornego ruchu wokół naszej planety powtarzał się kolejnego dnia. Podobnie, ale nieco dziwniej, zachowywał się Księżyc. Planety leżące bliżej Słońca niż Ziemia, czyli Merkury i Wenus, zawsze były na niebie blisko Słońca i też zdawały się okrążać Ziemię. Nieco wolniej wydawały się krążyć wokół niej Mars, Jowisz i Saturn, choć w tym przypadku ich ruch na sferze niebieskiej wydawał się skomplikowany i mógł budzić wątpliwości.

Przede wszystkim **teoria geocentryczna**, o której mówimy, wydaje się nam dziś zbyt skomplikowana. Słońce i Księżyc poruszają się w niej wprawdzie dokoła Ziemi na „zwykłych”, kołowych orbitach, ale środki tych orbit miałyby leżeć nieco poza zajmującą centrum Wszechświata Ziemią. Ten pomysł, choć dziwaczny, lepiej tłumaczył już wtedy rzeczywiste, obserwowane ruchy tych ciał. Dużo większy problem był z wyjaśnieniem obserwacji planet. Niektóre obserwowane z Ziemi planety, na przykład Mars, zakreślają na niebie charakterystyczne pętle. Nie da się tego wyjaśnić przy założeniu, że krążą wokół Ziemi po okręgach. W celu wyjaśnienia tego niezrozumiałego ruchu planet przez ponad tysiąc lat przyjmowano więc założenie, że ich widoczny ruch musi być wynikiem nakładania się na siebie kilku osobnych ruchów: po kołowej orbicie, tak zwanym *deferencie*, porusza się dookoła Ziemi nie sama planeta, ale środek innej, mniejszej orbity kołowej zwanej *epicyklem*, po której z kolei porusza się już sama planeta...

Dziś już wiemy, że **pozorny ruch wsteczny Marsa** to zjawisko, w którym planeta wydaje się poruszać wstecz w stosunku do gwiazd na niebie. Jest to spowodowane ruchem orbitalnym Marsa wokół Słońca. W pewnych momentach Mars jest po prostu bliżej Ziemi, a z czasem Ziemia „przegania go” na swojej orbicie, i stąd pozorna pętla. Można to zaobserwować poprzez regularne, dokładne obserwacje Marsa przez kilka tygodni lub miesięcy. Po kilku tygodniach zobaczymy, że pozycja Marsa na niebie wydaje się cofać względem gwiazd. Podobnie jest z Jowiszem i Saturnem, a także Uranem i Neptunem, choć te odległe planety znacznie trudniej zaobserwować.

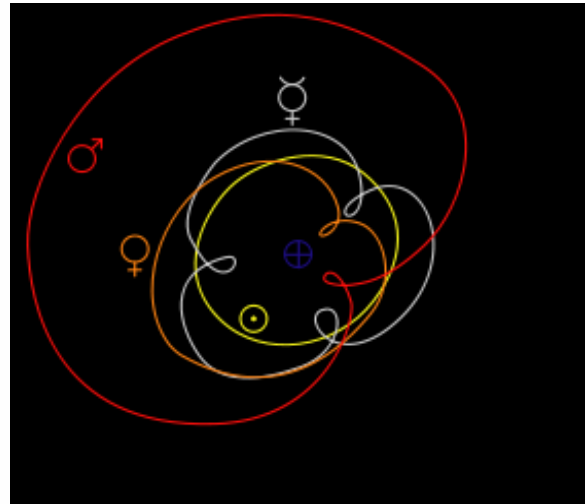
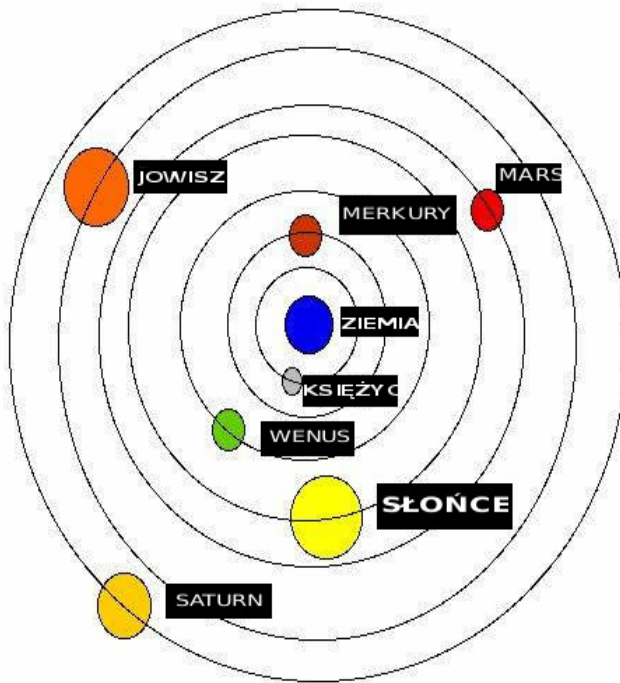


Rysunek 1. Pozorny ruch wsteczny Marsa w 2003 r. Źródło: Eugene Alvin Villar – Seav (po lewej)

Rysunek 2. Pozorny ruch wsteczny – wyjaśnienie geometryczne. Niebieskie koło to Ziemia, czerwone – Mars. Ziemia zakreśla 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** wiedzy i pomysłowości, trzeba przyznać, że ich wyjaśnienia obserwacji planet były dosyć zawiłe. A może wyjaśnienie jest znacznie prostsze? W swoim domu we Fromborku Kopernik przeprowadził dużo obserwacji zmieniających się położenia planet na niebie. Po latach badań zaproponował całkiem inny opis budowy Układu Słonecznego:

planety krążą wokół Słońca na orbitach kołowych, a dodatkowo Ziemia, wokół której krąży ze znanych wówczas ciał tylko Księżyc (Kopernik już wtedy to wiedział!), obraca się dokoła własnej osi. To wiele upraszczało, a przede wszystkim było dużo bardziej zgodne z obserwacjami planet.

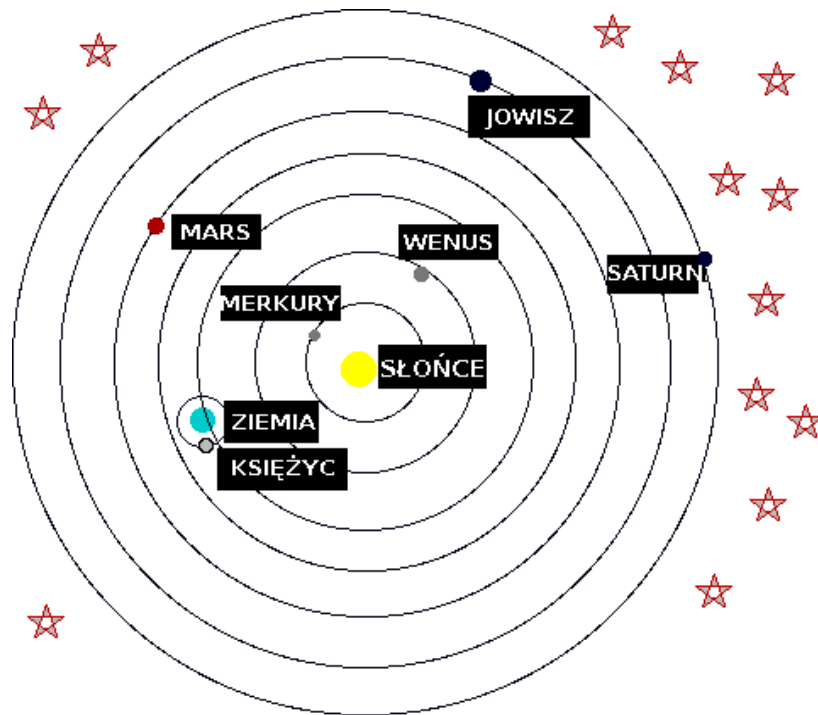


Rysunek 3. Model geocentryczny. Źródło: people.highline.edu (po lewej)

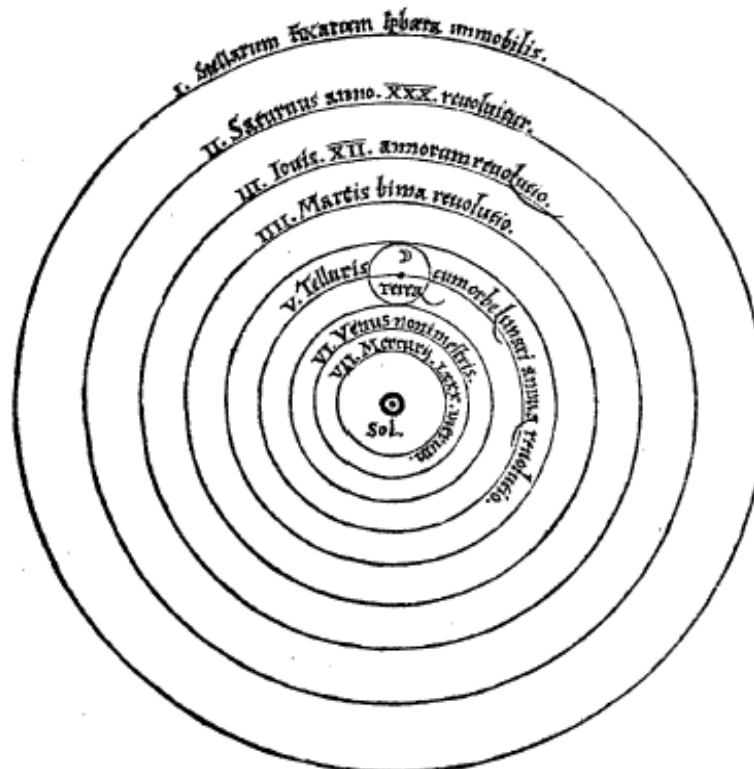
Rysunek 4. Uprozczone odwzorowanie ruchów wybranych planet na deferentach i epicyklach w teorii geocentrycznej (po prawej). Źródło: Celestia/Jecowa. Ciałom niebieskim przypisano tu odpowiednie astronomiczne oznaczenia symboliczne:

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

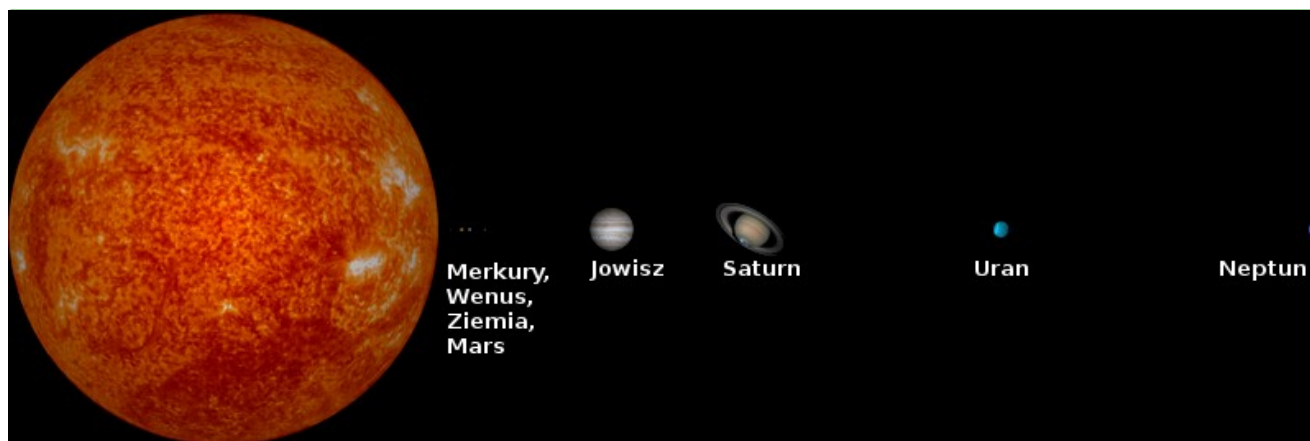
Kopernik uznał, że jego teoria heliocentryczna jest bardziej uporządkowana i logiczna, ponieważ wyjaśnia (wreszcie!) wiele zjawisk, w tym niezrozumiałe zmiany pozycji planet na niebie i ich pozorne ruchy wsteczne, trudne do wyjaśnienia w ramach teorii geocentrycznej. Ostatecznie teoria heliocentryczna zrewolucjonizowała nasze postrzeganie Wszechświata i stanowiła ważny krok w rozwoju całej nauki. Prace Kopernika są dziś uważane za jedne z najważniejszych w historii astronomii.



Rysunek 5. Model heliocentryczny. Źródło: people.highline.edu



Rysunek 6. Model heliocentryczny Kopernika, przedstawiony przez niego samego w 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, dawny zapis rzymskiej liczby 4). Źródło: Wikipedia



Rysunek 7. Rzeczywiste przedstawienie odległości między planetami w Układzie Słonecznym.
Źródło: NASA/Dave Jarvis

Uwaga! Choć na pokazanych tu modelach Układu Słonecznego wygląda to tak, jakby planety znajdowały się bardzo blisko siebie, w rzeczywistości dzielą je dziesiątki i setki milionów kilometrów. Ilustracja Układu Słonecznego we właściwej już, realnej skali znajduje się powyżej na Rysunku 7. Zwróć uwagę, że 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 aż **150 milionów kilometrów!**

Jakie planety widać danego dnia na niebie? To zależy od ich aktualnego położenia względem Słońca. Planety nie krążą wokół niego „na sznurku” ani w jednej linii, jak czasem sugerują obrazki ilustrujące Układ Słoneczny. Są raczej „rozsypane” dokoła niego na swych orbitach, jak na Rysunku 5. Czasem przez kilka tygodni znajdują się dosłownie za Słońcem z punktu widzenia Ziemi, przez co ich nie widać. Czasem też usytuowane są tak, że moglibyśmy je zobaczyć, ale tylko na dziennym niebie, gdzie jednak ich nie zaobserwujemy ze względu na jego jasność. 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 to dostępne jest także w wersji przeglądarkowej (<https://stellarium-web.org/>) oraz na telefony komórkowe.

Jak odróżnić planetę od gwiazdy?

Wbrew pozorom nie jest to takie trudne. Planety nie migoczą (nie mrugają) – świecą spokojnym, często dużo jaśniejszym niż gwiazdy blaskiem. Wenus i Jowisz są na ziemskim niebie dużo jaśniejsze od większości gwiazd. Marsa z kolei rozpoznasz zarówno po niemigoczącym, spokojnym blasku, jak i charakterystycznej, czerwonawej barwie. Migotanie gwiazd jest spowodowane wpływem zmiennej ziemskiej atmosfery na obraz ich światła. Światło to przychodzi do nas z dalekiego kosmosu. Planety naszego Układu są znacznie bliżej nas. Dużo mniej więc migoczą, a ich obrazy na niebie są tarczami, a nie punktami.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wędrujące planety
Doświadczenie konkursowe 2023



Rysunek 8. Luty 2023 r. – planety (Wenus (ang. *Venus*), Mars, Jowisz (ang. *Jupiter*), Uran (ang. *Uranus*)) widoczne z okolic Krakowa, po zachodzie Słońca i na wieczornym niebie, nad horyzontem południowo-zachodnim (S-W). Źródło: Stellarium

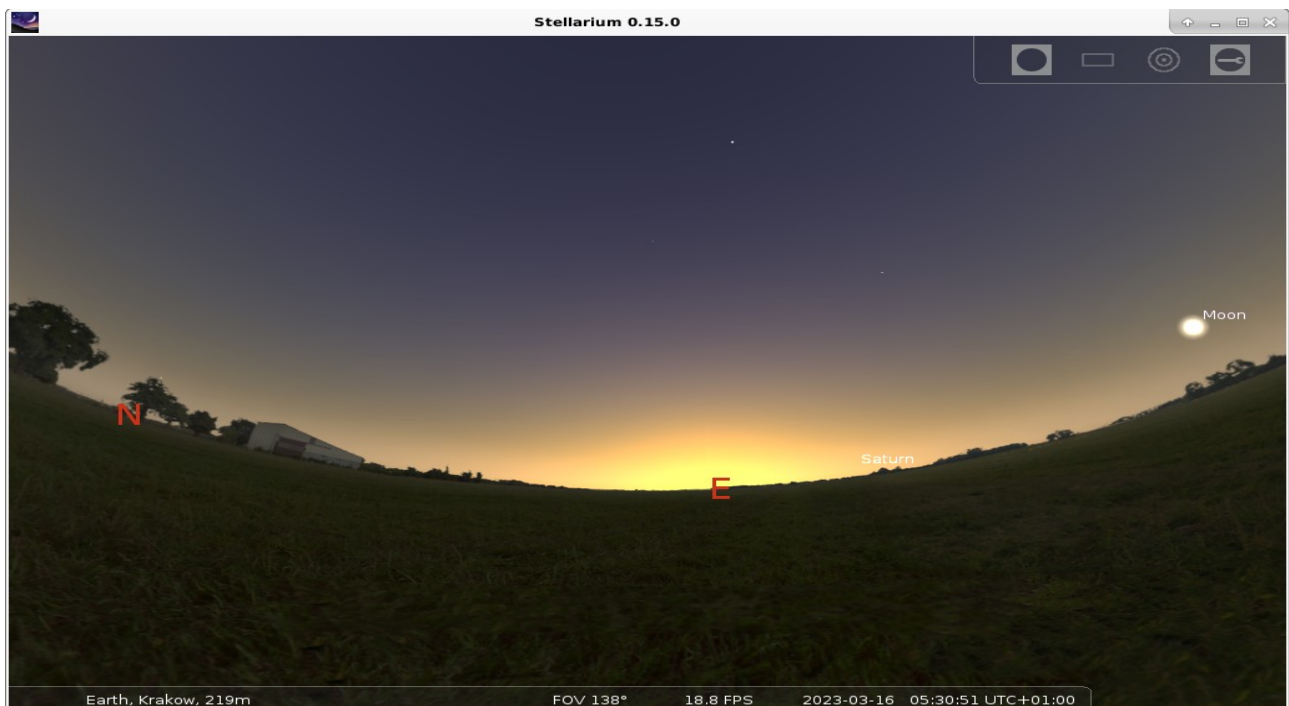


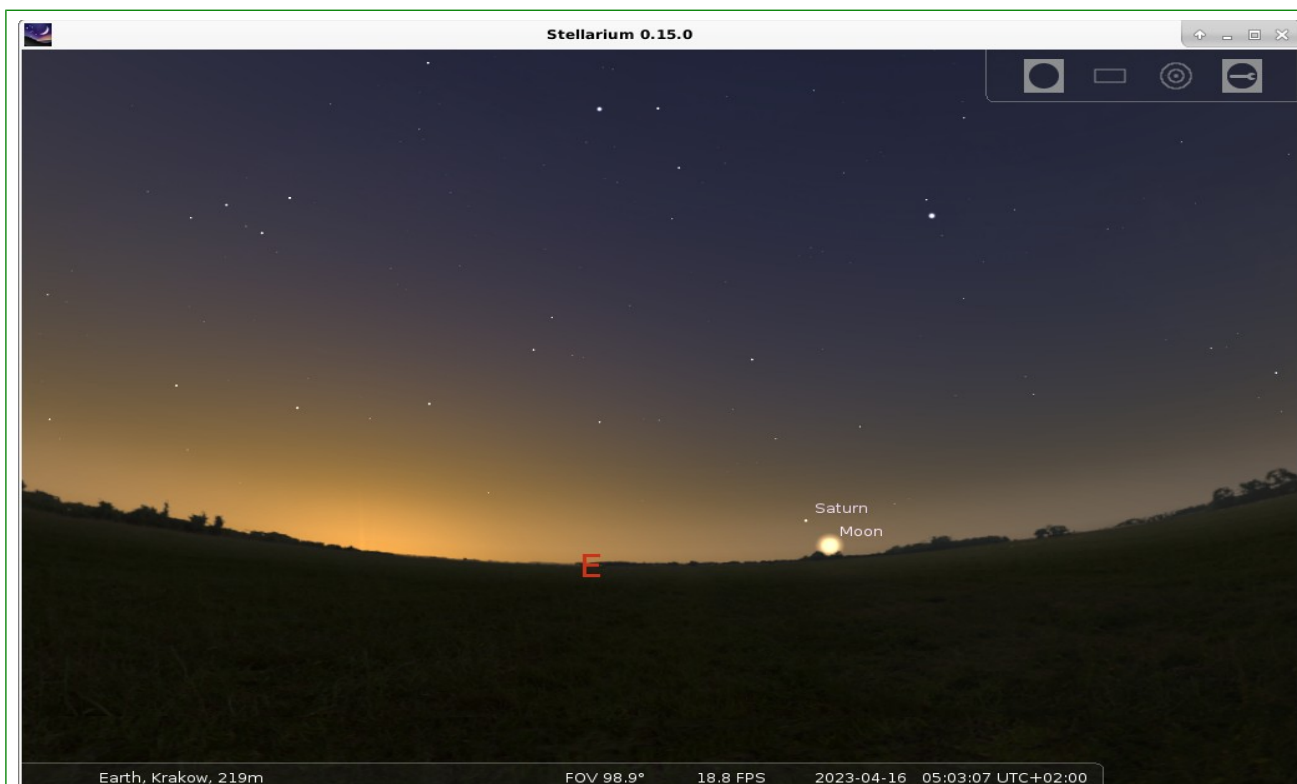
Rysunek 9. Połowa marca 2023 r. – planety widoczne z okolic Krakowa, na wieczornym niebie, nad horyzontem południowo-zachodnim (S-W). Jowisz zachodzi już wcześniej i nie jest widoczny. Źródło: Stellarium

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wędrujące planety
Doświadczenie konkursowe 2023



Rysunek 10. 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





Rysunek 11 i Rysunek 12. 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

2. Cel doświadczenia

Celem doświadczenia jest nauka rozpoznawania planet na niebie i zrozumienie ich pozornych ruchów. Uczniowie uczą się prowadzić dziennik obserwacyjny i korzystać z oprogramowania Stellarium – zaawansowanej, ale intuicyjnej w obsłudze mapy nieba dostępnej w Internecie, także w wersji niewymagającej instalacji. Zaznajamiają się z widokiem nocnego nieba, umieją odróżnić planetę od gwiazdy. Uczą się łacińskich i angielskich nazw planet oraz ich symboli astronomicznych. Poznają wagę badań Mikołaja Kopernika.

3. Opis wykonania doświadczenia

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

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wędrujące planety
Doświadczenie konkursowe 2023



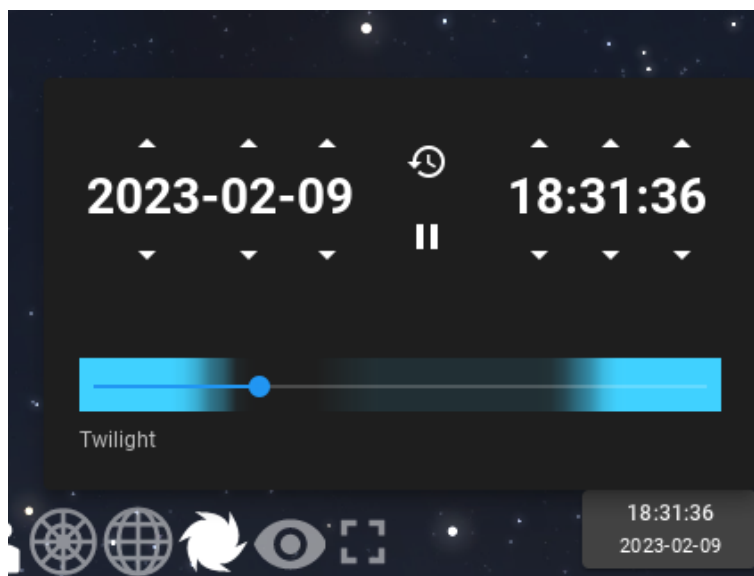
Rysunek 13. Okno główne programu Stellarium w przeglądarce.

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



Rysunek 14. Stellarium w przeglądarce – Merkury pod horyzontem.

2. Sprawdź w Stellarium, gdzie w i jakim kierunku na niebie można danego dnia dostrzec różne planety. Spróbuj też 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 nadal widoczne? Spróbuj podać datę za miesiąc i dwa miesiące od teraz.



Rysunek 15. 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 końca kwietnia w każdy pogodny wieczór (jeśli chcesz, także w pogodny poranek, tuż przed wchodem Słońca) postaraj się odnaleźć na niebie widoczne danego dnia planety. Aby sprawdzić, które z nich są możliwe do obserwacji, skorzystaj z programu Stellarium (punkt 1) i posłuż się poniższą tabelą widoczności wybranych planet. Księżyc nie jest planetą, ale także możesz go uwzględnić w obserwacjach. Wypełnij **Dziennik Uważnego Obserwatora Planet** dołączony do tego doświadczenia. Obserwuj planety uważnie i systematycznie – bądź jak Mikołaj 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.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Wędrujące planety
Doświadczenie konkursowe 2023

	Księżyc	Wenus	Mars	Jowisz	Saturn
Luty II połowa	Widoczny (zależnie od fazy)	Na zachodnim niebie, blisko zachodzącego Słońca	na wieczornym niebie i nocnym niebie, ponad konstelacją Oriona	na wieczornym niebie, krótko po zachodzie Słońca, na zachodzie	niewidoczny
Marzec I połowa	Widoczny (zależnie od fazy)	Na zachodnim niebie, blisko zachodzącego Słońca	na wieczornym niebie i nocnym niebie, ponad konstelacją Oriona	na wieczornym niebie, bardzo krótko po zachodzie Słońca, na zachodzie	niewidoczny
Marzec II połowa	Widoczny (zależnie od fazy)	Na zachodnim niebie, wysoko nad zachodnim horyzontem	na wieczornym niebie, ponad konstelacją Oriona	niewidoczny	niewidoczny
Kwiecień I połowa	Widoczny (zależnie od fazy)	Na zachodnim niebie, wysoko nad zachodnim horyzontem	na wieczornym niebie, ponad konstelacją Oriona	niewidoczny	na porannym niebie, tuż przed wschodem Słońca, na wschodzie, trudny do obserwacji
Kwiecień II połowa	Widoczny (zależnie od fazy)	Na zachodnim niebie, wysoko nad zachodnim horyzontem	na wieczornym niebie, ponad konstelacją Oriona	niewidoczny	na porannym niebie, tuż przed wschodem Słońca, na wschodzie, trudny do obserwacji