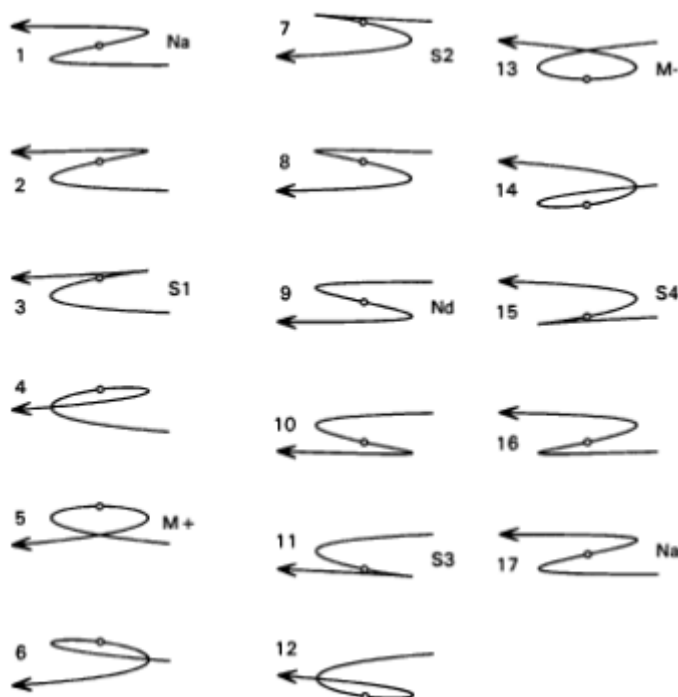


Złączenie (2 stopnie) Jowisza z Księżycem podążającym do pełni.

Już w nocy z 4 na 5 listopada 2022 roku amatorzy nocnego nieba będą mogli obserwować zjawisko złączenia Jowisza i Księżycy. Pomimo, że Księżycy z Jowiszem nie łączy jakieś fizyczne pokrewieństwo, to zdarza się, że są widoczne na niebie w podobnym kierunku. Przyjrzyjmy się jednak temu zjawisku z punktu widzenia naukowego.

Na początku przeanalizujemy ruch Jowisza oraz Księżycy na sferze niebieskiej z punktu widzenia obserwatora ziemskiego.

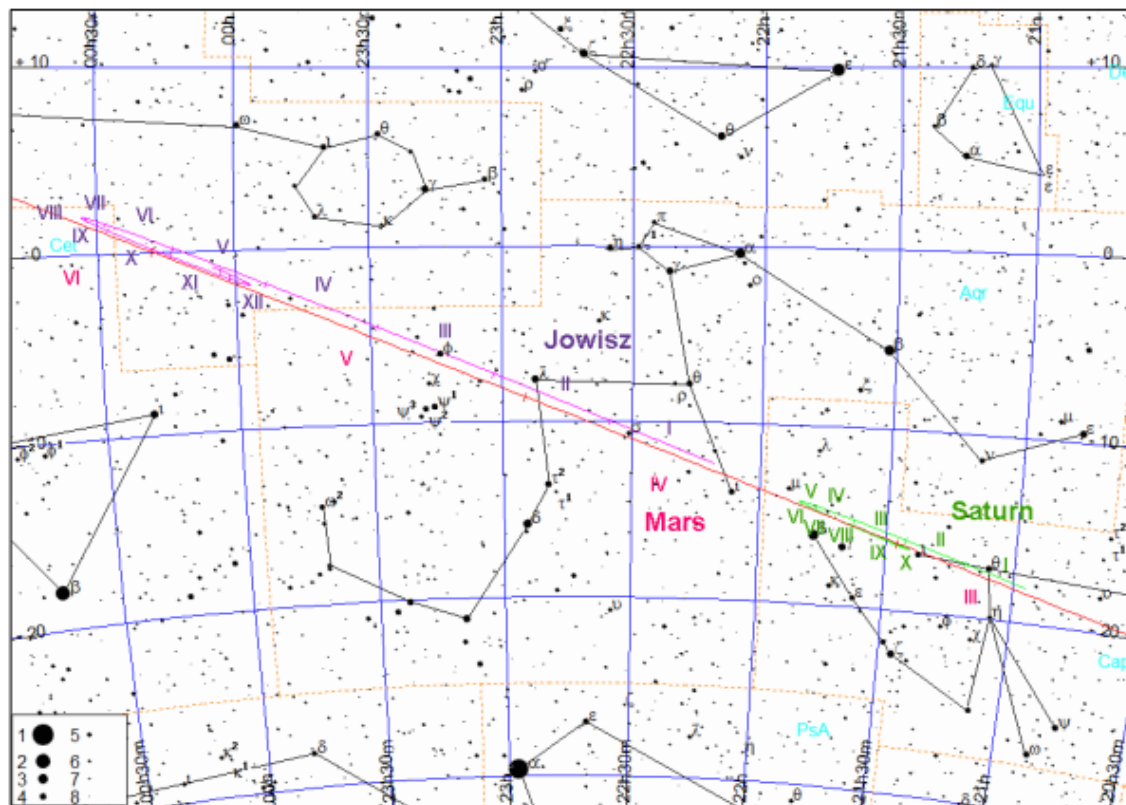
Jowisz krąży wokół Słońca w odległości 778,35 milionów kilometrów od Diennej Gwiazdy, zataczając pełną elipsę w ciągu około 11 lat 10 miesięcy i 10 dni. Śledząc ruch planety na tle gwiazd można zauważyć, że trajektoria ruchu w pewnych okresach czasu przyjmuje dziwaczne kształty. Spowodowane jest to tym, że obserwator śledzi ruch planety górnej jaką jest Jowisz z Ziemi, która porusza się po orbicie bliższej Słońca niż Jowisz, z większą prędkością orbitalną. Po złączeniu górnym Słońca i Jowisza, czyli wtedy kiedy Jowisz znajduje się dokładnie po przeciwnej stronie Słońca niż Ziemia, planeta na tle sfery niebieskiej porusza się ruchem prostym z największą prędkością kątową, ale mniejszą od prędkości Słońca na tle gwiazd. W miarę oddalania się planety od Słońca w kierunku zachodnim, jej prędkość kątowa stopniowo maleje aż do zera kiedy osiąga tzw. stanowisko zachodnie. Od tej chwili ruch planety górnej zmienia się na przeciwny, tzw. ruch wsteczny, zakreślając charakterystyczną pętlę. Kształt pętli zależy od położenia planety względem linii węzłów jej orbity.



Kształt pętli retrogradacyjnych planet. Źródło: Jean Meeus, *Mathematical Astronomy Morsels*, Willmann-Bell, Inc. 1997

Prędkość kątowa planety na tle gwiazd zwiększa się, osiągając maksimum w chwili osiągnięcia tzw. punktu opozycyjnego (w tym roku Jowisz znalazł się w opozycji 26 września 2022 roku, o godzinie 20).

Po osiągnięciu punktu przeciwstawienia¹ prędkość kątowna w ruchu retrogradacyjnym² zaczyna maleć i osiąga wartość zerową po osiągnięciu przez Jowisza stanowiska wschodniego. Od tej chwili planeta zaczyna poruszać się ruchem prostym i jej prędkość kątowna na tle gwiazd zaczyna wzrastać osiągając maksimum podczas kolejnego złączenia górnego. Rozmiary kątowe Jowisza wahają się od 48", kiedy planeta jest w opozycji do 31" podczas koniunktji górnej planety ze Słońcem.



Trasa Jowisza, Saturna i Marsa na tle gwiazd w 2022 roku.

Źródło: dr Tomasz Ściężor, *Almanach astronomiczny na rok 2022*, PTA, 2021.

Płaszczyzna nachylenia orbity Jowisza do płaszczyzny ekliptyki³ wynosi obecnie 1,3044°. Oczywiście nie jest to wartość stała, zmienia się w wyniku perturbacji orbity Jowisza.

Jowisz posiada, na dzień dzisiejszy, 79 naturalnych satelitów wśród których są cztery słynne są to księżycy Galileusza, Io, Europa, Ganimeses i Callisto. Nachylenie ich orbit do płaszczyzny równika planety jest niewielkie, i zmienne w wyniku perturbacji ich orbit.

¹ Punkt przeciwstawienia to punkt w którym planeta górna znajduje się w opozycji. Wówczas Ziemia położona jest pomiędzy planetą górną a Słońcem.

² Retrogradacja to ruch wsteczny planety na tle gwiazd. Słowo pochodzi z języka łacińskiego, *retro* - wstecz, *gradatio* - stopniowanie.

³ Należy nie mylić ekliptyki z orbitą Ziemi. Ekliptyka to koło wielkie na sferze niebieskiej wzdłuż której Słońce przemieszcza się w ciągu roku. Orbita Ziemi to trajektoria w kształcie elipsy po której porusza się Ziemia obiegająca Słońce. Jedyny element wspólny ekliptyki i orbity jest taki, że leżą w jednej płaszczyźnie.

Proper and effective orbital inclinations of the Galilean satellites

Satellite	Proper orbital inclination	Extreme values of the effective orbital inclination		Period (years)
I Io	0° 02' 14"	0° 01'	0° 03'	10
II Europa	0° 27' 56"	0° 25'	0° 31'	39
III Ganymede	0° 11' 08"	0° 02'	0° 20'	137
IV Callisto	0° 15' 11"	0° 09'	0° 44'	561

Źródło: Jean Meeus, *Mathematical Astronomy Morsels*, Willmann-Bell, Inc. 1997.

Księżycy Galileusza również od czasu do czasu są zakrywane przez tarczę Jowisza. Wówczas fragment ich orbit przecina stożek cienia rzucanego przez Jowisza. "Mieszkańcy" globu jowiszowego mogą wówczas obserwować zaćmienie księżycy, a ziemscy obserwatorzy zakrycie. Księżycy mogą także tranzytować na tle tarczy planety. Wówczas miłośnicy astronomii mogą obserwować tranzyt satelity na tle tarczy jowiszowej i śledzić cień rzucany przez bryłę księżycową na planetę. Z Jowisza można wówczas obserwować zaćmienie Słońca.

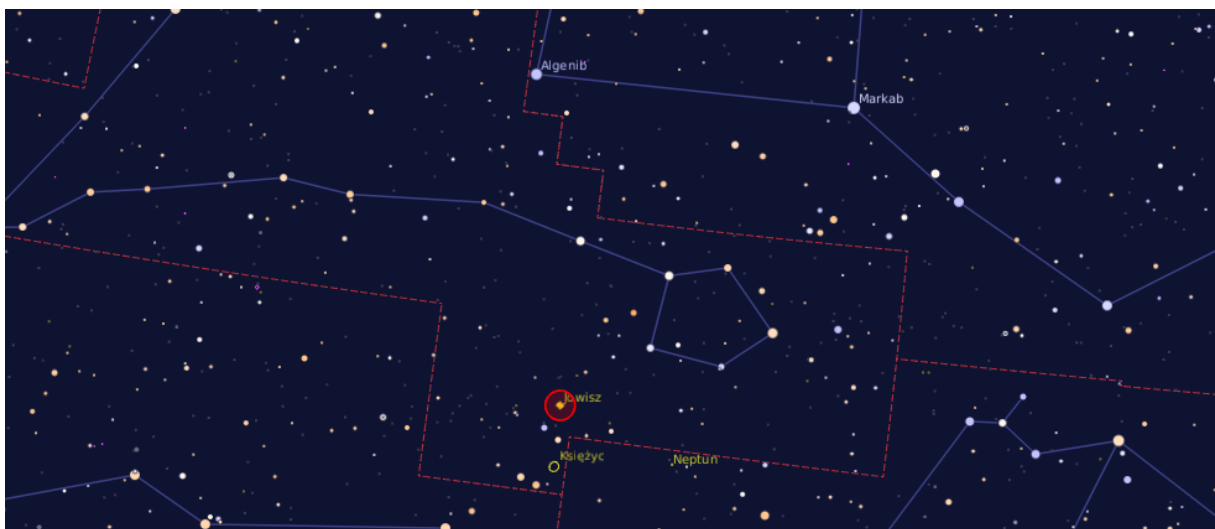
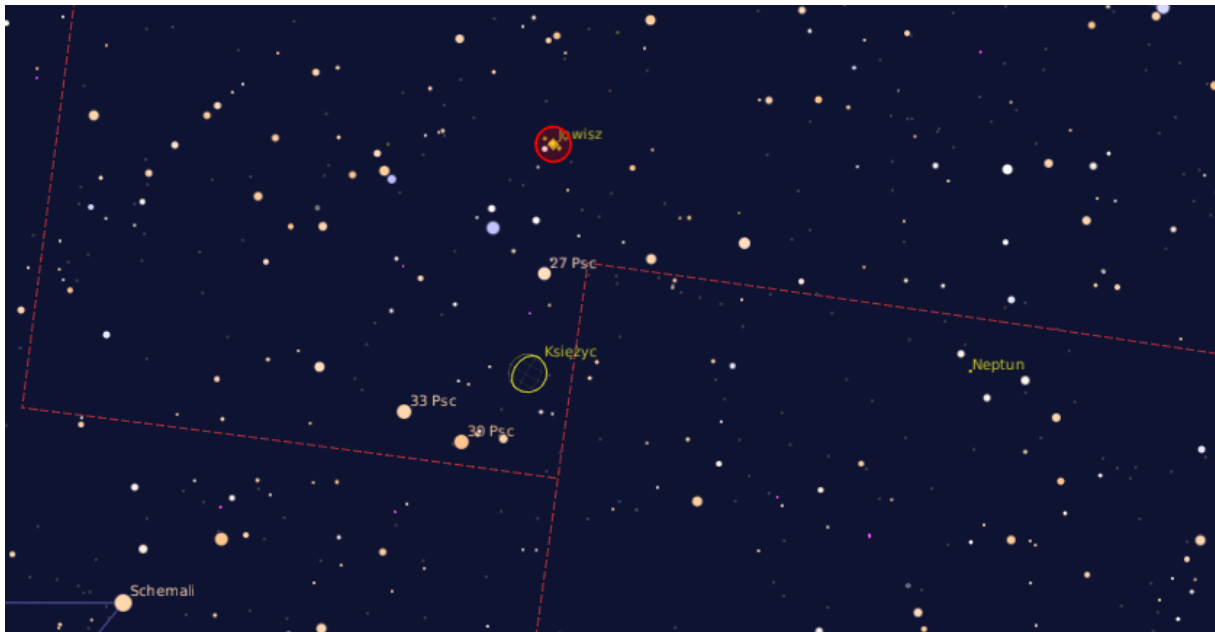


Tranzyt Io i jego cienia na Jowiszu w okularze amatorskiego (8") teleskopu. Źródło: ks. Dariusz Tuczapki.

Księżyc naturalny satelita Ziemi jest natomiast znacznie mniejszy od Jowisza, ale jednocześnie jest piątym co do wielkości księżycem w Układzie Słoneczny. Czas jednego pełnego obiegu Księżycy wokół Ziemi wynosi 27 dni 7 godzin 43 minuty 11,51 sekund. Płaszczyzna orbity księżycowej nachylona jest pod kątem 5° 08' 43". W wyniku oddziaływania grawitacyjnego Słońca orbita księżycowa jest perturbowana i nachylenie orbity nie jest stałe. Minimalna wartość kąta nachylenia orbity (4° 59') jest osiągnięta wówczas, kiedy linia węzłów jest prostopadła do kierunku Słońca. Kiedy linia węzłów skierowana jest w kierunku Słońca, wówczas kąt nachylenia płaszczyzny orbity do płaszczyzny ekliptyki osiąga wartość maksymalną 5° 19'. Ruch Księżycy na tle gwiazd jest zawsze ruchem prostym, ze zmienną prędkością kątową na tle gwiazd. Jest to spowodowane tym, że orbita księżycowa nie jest kolista. Kiedy Księżyc zbliża się do perygeum orbity, wtedy porusza się z największą prędkością orbitalną i kątową na tle sfery niebieskiej. Kiedy znajduje się w apogeum orbity jego prędkość osiąga wartość minimum podobnie jak i jego prędkość kątową. Średnica Księżycy wynosi 3475 km, zaś jego rozmiary kątowe na tle gwiazd zmieniają się od 29'21" do 33'30".

Płaszczyzny orbit obu ciał nachylone są pod różnym kątem w stosunku do płaszczyzny ekliptyki. Zdarzają się jednak sytuacje, kiedy położenie obu ciał niebieskich na swoich orbitach jest takie, że dla obserwatora ziemskiego, wydaje się, że oba obiekty są bardzo blisko siebie na tle sfery niebieskiej (mamy wówczas do czynienia z tzw. złączeniem), a niekiedy Księżyc może zakryć Jowisza (jest to zjawisko okultacji, wtedy kiedy obiekt znajdujący się dalej, o pozornie mniejszych rozmiarach kątowych, zostaje zakryty przez obiekt pozornie większy znajdujący się bliżej).

Najbliższe złączenie Jowisza i Księżyca przypadnie 4 listopada 2022 roku, o godzinie 21:24. Wówczas Jowisz znajdować się będzie 2° na północ od Księżyca.



Wygląd nieba w dniu 4 XI 2022 roku o godzinie 21:24.

Źródło: Tytuł oryginalny: „Periapsis”, Autor: Bartosz Wojczyński, Wydawca: AstroCD - Sylwia Substyk.

Na zachód od Księżyca będzie można znaleźć Neptuna znajdującego się w konstelacji Wodnika.

Zjawisko powinno być dobrze widoczne już w niewielkiej lornetce lub w teleskopie o średnio szerokim polu widzenia – kilku stopni kątowych. Powinno trwać tak długo, jak długo oba te ciała niebieskie znajdują się nad horyzontem

Księżyc będzie podążał ku pełni więc powinien być całkiem jasny. Jowisz jednak też znajduje się nadal niewiele po opozycji, więc światło Księżycza nie przyćmi go całkowicie. Jowisz po Wenus, Księżycu i Słońcu to czwarty co do jasności regularnie pojawiający się na ziemskim niebie obiekt naturalnego pochodzenia. Jasność Jowisza waha się od $-1^m,3$ do $-2^m,7$



Fazy Wenus i zmienność jej rozmiarów kątowych. Źródło: Wikipedia, Stasis Kalyvas, VT-2004 programme.

Warto pamiętać, że o ile złączenia dotyczą wszystkich planet to już sama opozycja jedynie planet zewnętrznych – znajdujących się dalej od Słońca niż Ziemia. Planety wewnętrzne, takie jak Merkury i Wenus, mają złączenia dolne i górne, wykazują obecność faz oraz zmienność rozmiaru kątowego. Był to jeden z koronnych dowodów na heliocentryczność Układu Słonecznego. Innym było m.in. odkrycie Galileuszowych księżyców Jowisza.

Następnej nocy – z 5 na 6 listopada – zjawisko już nie będzie widoczne z racji szybkiego ruchu Księżycza po nieboskłonie. Zakreśla on pełną rundę po niebie, jak już wspomniano wcześniej, w czasie 27 dni 7 godzin 43 minuty i 11,51 sekund. W ciągu doby pokona drogę około $13^{\circ},5$ na tle gwiazd. Jowisz ponad miesiąc temu osiągnął punkt przeciwstawienia, czyli był w opozycji, i na tle gwiazd poruszał się ruchem wstecznym najszybciej. Obecnie ruch retrogradacyjny planeta trwa nadal (średni czas trwania ruchu wstecznego Jowisza wynosi 119 dni, a długość łuku zakreślanego w ruchu wstecznym wynosi około 10°), ale jego prędkość kątowa maleje i w ciągu doby pokonuje drogę około $4'$ na tle gwiazd

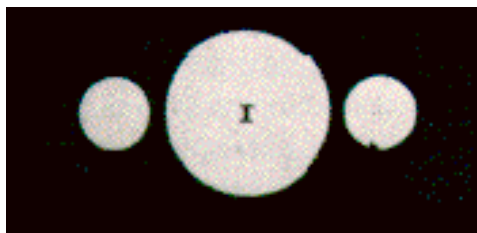
Kilkanaście stopni kątowych od Jowisza, w konstelacji Koziorożca, znajduje się obecnie inna planeta-olbrzym dostrzegalna gołym okiem: Saturn.



Wygląd nieba w dniu 4 XI 2022 roku o godzinie 21:24.

Źródło: Tytuł oryginalny: „Periapsis”, Autor: Bartosz Wojczyński, Wydawca: AstroCD - Sylwia Substyk.

Jej średnia gęstość jest mniejsza od gęstości wody a rotacja (pomimo dużych rozmiarów globu) jest dużo szybsza niż ziemską, co powoduje mocne spłaszczenie przy biegunach. Saturn był także obiektem obserwowanym przez Galileusza, który posłał zaszyfrowaną wiadomość (anagram) o treści „odkryłem potrójność najwyższej z planet”. Chodziło oczywiście o pierścienie, które w małym teleskopie nie były jednak rozmiarów ułatwiających interpretację ich obrazu.



Widok Saturna w lunetce Galileusza. Źródło: JPL/NASA.

Od XVII wieku na powierzchni planety Jowisz amatorzy nocnego nieba mogą obserwować olbrzymi owalny wir atmosferyczny, który przypomina ziemski antycyklon, zwany Wielką Czerwoną Plamą. Przybliżone rozmiary Wielkiej Czerwonej Plamy to około 24000kmX12000 km. Wir można obserwować na południowej półkuli planety (-22° szerokości planetograficznej). Materia znajdująca się na obrzeżach antycyklonu wiruje z okresem 12 dni, zaś wewnątrz wiru materia dokonuje obrotu w ciągu 9 dni.

Natomiast na północnym biegunie Saturna, również można obserwować burzę, którą tworzy heksagonalny wir atmosferyczny.

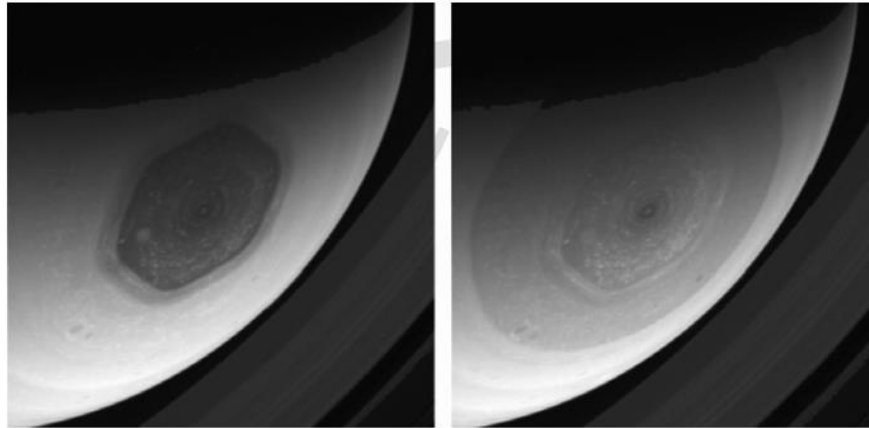


Figure 12.15 Cassini ISS images of Saturn taken 90 seconds apart in the 935-nm filter, coupled with polarizers with the electric vector parallel (left) and perpendicular (right) to the scattering plane. These images capture Saturn's northern polar region, including the hexagon and polar vortex. Structural differences inside and outside the hexagon are apparent. Figure from West et al. (2015).

Źródło: Beines, Flasar, Krupp, Stallard, *Saturn in the 21st Century*, Cambridge University Press, 2019.