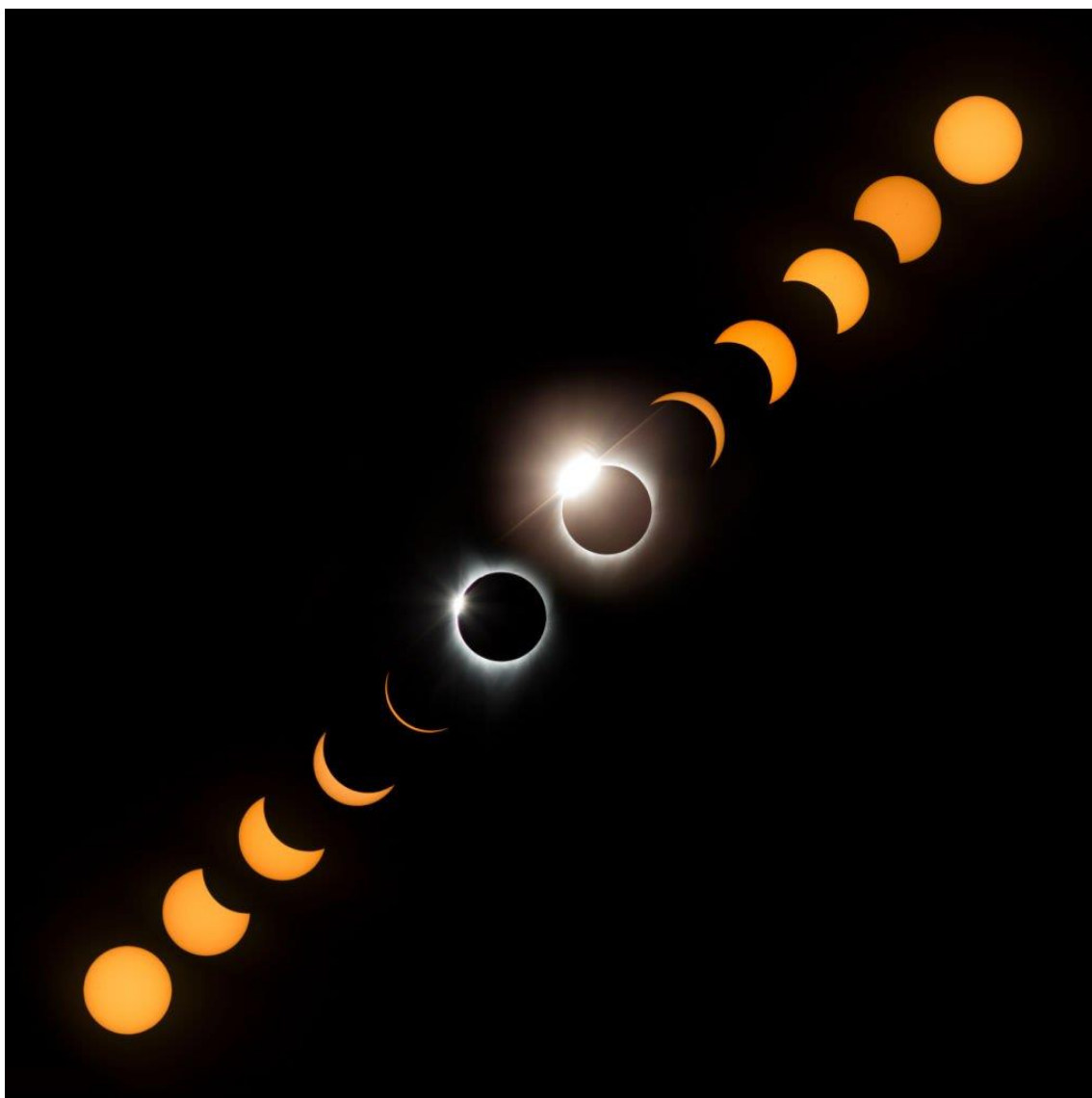


# Zaćmienia Słońca



Kilka połączonych zdjęć przedstawiających wiele etapów zaćmienia Słońca w 2017 roku zarejestrowanego w dolinie Willamette w stanie Oregon. Źródło: Jon Larson, Carlton, OR, United States.

## Zaćmienie Słońca - ciekawostki

Zaćmieniom Słońca towarzyszą ciekawe zjawiska, które można obserwować na Ziemi. Jednym z nich bez wątpienia jest sznur jasnych punktów obserwowanych podczas całkowitego zaćmienia Słońca nazywany Perłami Baily'ego. Pojawiają się, kiedy światło przebija się przez nierówności powierzchni Księżyca. Dominującą „perłę” nazywa się pierścieniem z diamentem. Nazwę tego zjawiska zawdzięczamy Francisowi Baily'emu, który zaobserwował je w pierwszej połowie XIX wieku. Jednak informacje o zaćmieniach Słońca spotykamy nie tylko w opracowaniach naukowych, spotkać je można w legendach, literaturze i przekazach historycznych. Zaćmienie Słońca należało do najstarszych omenów w starożytnych cywilizacjach. Wierzano, że zjawiska występujące na niebie są skutkiem tego, w jaki sposób żyją ludzie. W starożytnej Grecji zaćmienie Słońca było postrzegane jako znak gniewu bogów i uważano je za zapowiedź nadchodzących złych wydarzeń. Słowo zaćmienie pochodzi od

greckiego słowa *ekleipsis*, które oznacza „porzucenie, zdrada ” stąd „Eclipse. Natomiast w starożytnych Chinach zaćmienia Słońca i Księżyca były uważane za niebiańskie znaki, które przepowiadają przyszłość cesarza, dlatego przepowiadanie zaćmień miało duże znaczenie dla państwa. Jedna z legend chińskich głosi, że ponad cztery tysiące lat temu stracono dwóch astrologów, Hsi i Ho, za nie przewidzenie zaćmienia Słońca. W bajkach Wikingów bóg słońca Sol jest ścigany przez wilka Skolla. Kiedy Skoll łapie Sola, następuje zaćmienie Słońca. Kiedy to nastąpi, ludzie zostali poinstruowani, aby uderzać o siebie garnkami i patelniami, aby odstraszyć wilka i zwrócić Słońce. Innym przykładem legend o zaćmieniu Słońca jest przekazywana legenda rdzennej grupy ludzi Pomo, żyjącej w północno-zachodnich Stanach Zjednoczonych, opowiada ona historię niedźwiedzia, który rozpoczął walkę ze Słońcem i ugryzł go. Nazwa Pomo dla zaćmienia Słońca to „Słońce ugryzione przez niedźwiedzia”. Oczywiście o obserwacji zaćmienia Słońca w starożytności dowiadujemy się również z wiarygodnych źródeł historycznych. Przykładem może być dzieło Herodota, żyjącego w V wieku p.n.e. ojca historii, cytował, że grecki filozof Tales (ok. 624-547 p.n.e.) przewidział zaćmienie Słońca 28 maja 585 p.n.e., które położyło kres konfliktowi między Lidyjczykami a Medami. Herodot pisał: ... „*W szóstym roku rozegrała się bitwa, w której po rozpoczęciu walki dzień nagle zamienił się w noc. A ta zmiana dnia, Tales ostrzegł Ionia . Jednak Lidyjczycy i Medowie, widząc, że dzień zamienił się w noc, przestali walczyć i postanowili zawrzeć pokój*”. W 1415 roku zaćmienie Słońca zaskoczyło Władysława Jagiełłę podczas podróży na Litwę, o czym wspomina polski kronikarz, Jan Długosz. Zabobonny władca Polski podobno poważnie się przestraszył tego zjawiska.

Również w literaturze znajdujemy szereg ciekawych przykładów opisujących zaćmienie Słońca. Polskim akcentem z pewnością jest powieść Bolesława Prusa „Faraon”. Opisuje je w sposób następujący "Było już po pierwszej i istotnie słoneczne światło poczęło zmniejszać się. Wtem na żółte wzgórza libijskie padł złowrogi cień i z błyskawiczną szybkością zakrył Memfis, Nil i pałacowe ogrody. Noc ogarnęła ziemię, a na niebie ukazała się czarna jak węgiel kula, otoczona wieńcem płomieni." Opisane zjawisko zaćmienia w powieści „Faraon” wzbudza strach wśród ludności, dzięki niemu kapłan przejmuje władzę w Egipcie. To jest oczywiście fikcja literacka, ale badania archeologiczne ostatnich lat wskazują, że z dużą dozą prawdopodobieństwa można przyjąć, że kapłani egipscy posiadali zaawansowaną wiedzę astronomiczną w tym możliwość przewidywania zaćmień Słońca i Księżyca. Natomiast Mark Twain, w swojej książce Jankes na dworze króla Artura (nag. A Connecticut Yankee in King Arthur's Court), przedstawia głównego bohatera, Hanka Morgana, który ma zostać spalony na stosie, więc Morgan „przewiduje” zaćmienie Słońca, o którym wie, że nastąpi, twierdząc, że ma władzę nad słońcem i oferując powrót słońca do nieba w zamian za jego wolność. „*Krąg czerni rozprzestrzenił się powoli na tarczę słoneczną... Tłum jęczał z przerażenia, czując zimną, niesamowitą nocną bryzę... i ujrawszy wyłaniające się gwiazdy...*” Morgan zostaje uwolniony...” A tłum przybyły na egzekucję jest pod wyraźnym wrażeniem jego „czarodziejstwa”. Inną ciekawostką jest fakt, że kalendarz Majów zawierał informacje na temat zaćmienia Słońca. Ruch ciał niebieskich miał dla nich znaczenie zwłaszcza w obszarze sakralnym, podobnie jak innych ludów Mezoameryki.

A teraz z kolei kilka innych, bardziej naukowych ciekawostek związanych z zaćmieniem Słońca. Od czego warto zacząć? Z naszego punktu widzenia szczególnym było całkowite zaćmienie Słońca z 29 maja 1919 roku. Obserwacje astronomiczne wykonane w czasie trwania zaćmienia potwierdziły niektóre prace Einsteina dotyczące ogólnej teorii względności. Wielki brytyjski

astronom, Sir Arthur Eddington (1882-1944), udał się na wyspę Księcia u wybrzeży Afryki, aby obserwować to zaćmienie i zweryfikować przewidywania Einsteina, że światło jest odchylane w polach grawitacyjnych ciał niebieskich, tj. w polu grawitacyjnym. W przypadku Słońca działa ono jak wielka, kosmiczna soczewka, która załamuje światło. Eddington sfotografował gwiazdy w pobliżu Słońca podczas całego zaćmienia. Zaobserwował, że gwiazdy w pobliżu Słońca są nieco przesunięte w stosunku do ich pierwotnych pozycji. Jego pomiary potwierdziły pracę Einsteina i zostały uznane za niezbity dowód na to, że grawitacja ugina promienie świetlne. A Einstein stał się bohaterem i twórcą rewolucji w fizyce. Znany wszystkim pierwiastek Hel został odkryty 18 sierpnia 1868 roku przez francuskiego astronoma Julesa Janssena (1824-1907), który obserwował widmo Słońca podczas całkowitego zaćmienia w Indiach. Hel jest drugim najliczniej występującym pierwiastkiem chemicznym we Wszechświecie i po raz pierwszy został odkryty na Słońcu, stąd nazwa „hel” od heliosa. Na koniec pytanie, czy zaćmienie Słońca będzie obserwowane do końca życia naszej planety. Z badań wynika, że dobiegną one końca za około 600 milionów lat, a powodem tego będą pływy i spowolnienie ruchu obrotowego Ziemi, czego efektem będzie oddalanie się księżyca od Ziemi. Widoczna tarcza księżyca będzie miała rozmiary kątowe dużo mniejsze od Słońca i nie będzie możliwości jego zakrycia.



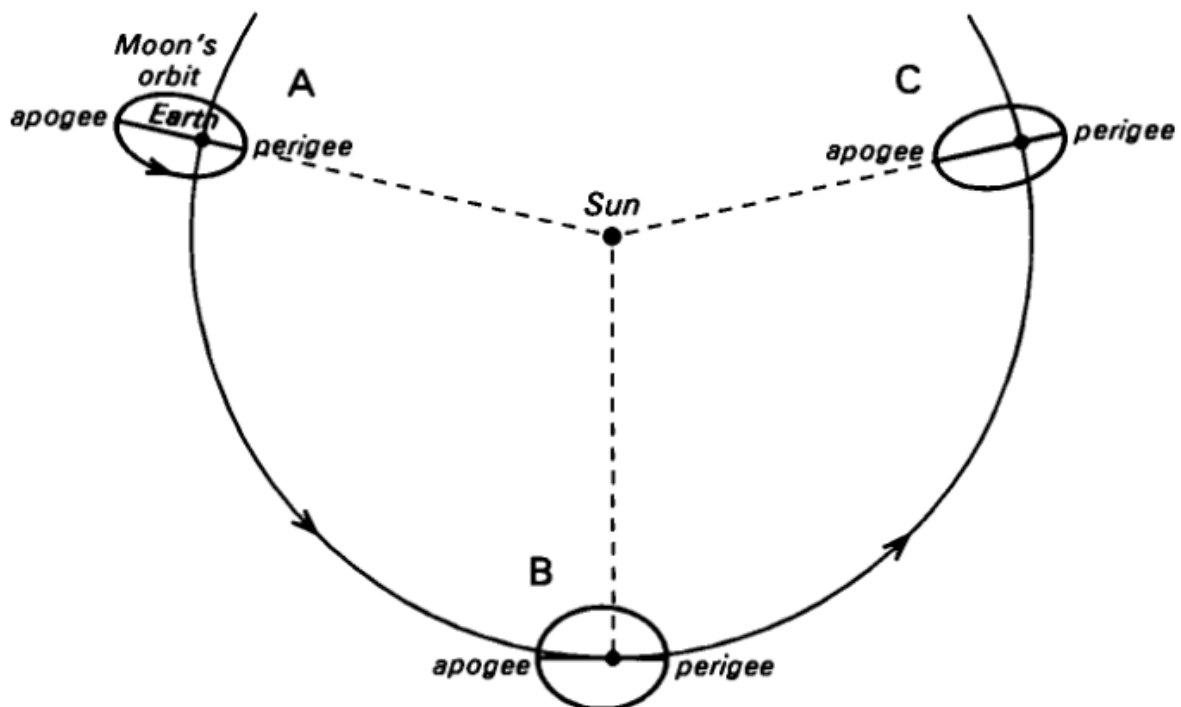
Przykład zjawiska, zwanego "perłami Bailly'ego", kiedy obserwatorowi na Ziemi objawiają się nierówności powierzchni Księżyca i prześwitujące spoza nich Słońce.

### **Zaćmienie Słońca – fizyka**

Zaćmienie to zjawisko polegające na tym, że jedno ciało niebieskie chowa się (całkowicie lub częściowo) w cieniu drugiego ciała niebieskiego. Z punktu widzenia obserwatora ziemskiego są możliwe dwie opcje, wtedy Księżyc chowa się w stożku cienia Ziemi - mamy wówczas

zaćmienie Księżyca. W drugim wypadku fragment powierzchni Ziemi chowa się w cieniu stożka cienia księżycowego - zaćmienie Słońca. Nadchodząc wydarzenie to zaćmienie Słońca, które jest bardzo efektownym zjawiskiem na niebie, dlatego skupimy się na mechanizmie jego powstawania.

Powszechnie wiadomo, że Ziemia obiega Słońce po orbicie eliptycznej o małym mimośrodku. Księżyc jest naszym naturalnym satelitą i obiega Ziemię po orbicie w przybliżeniu eliptycznej o średnim mimośrodku orbity 0,0549, która jest głównie perturbowana przez Słońce. Przeprowadzone obliczenia numeryczne na gruncie mechaniki nieba, obejmujące okres 5000 lat, wykazały, że mimośród orbity księżycowej nie jest stały, zmienia się w czasie w wyniku perturbacji pochodzących od Słońca. Maksymalna wartość mimośrodu (dla analizowanego okresu maksymalna wartość mimośrodu wyniosła 0,0775) jest osiągana wówczas kiedy linia apsyd łącząca perygeum i apogeum orbity pokrywa się z promieniem wodzącym Ziemi poruszającej się po orbicie. Mimośród orbity osiąga wartość najmniejszą (w analizowanym okresie minimalna wartość mimośrodu wyniosła 0,0255) wówczas, kiedy linia apsyd jest prostopadła do promienia wodzącego.



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

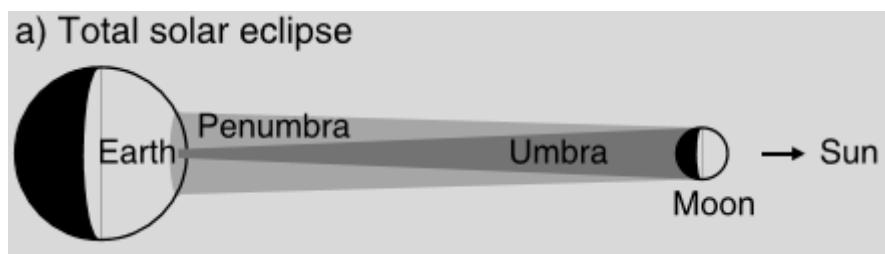
Płaszczyzna orbity księżycowej nachylona jest pod kątem  $5^{\circ} 08' 43''$ . Punkty przecięcia orbity księżycowej z ekliptyką nazywamy węzłami księżycowymi. Kiedy szerokość ekliptyczna Księżyca zmienia się z ujemnej na dodatnią to taki węzeł nazywamy wstępującym. Kiedy szerokość ekliptyczna Księżyca zmienia się z dodatniej na ujemną to taki węzeł nazywamy węzłem zstępującym. W wyniku oddziaływania Słońca nachylenie orbity nie jest stałe. Minimalna wartość kąta nachylenia orbity ( $4^{\circ} 59'$ ) jest osiągana 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  $5^{\circ} 19'$ .

Aby mogło zaistnieć zaćmienie Słońca musi być spełnione kilka warunków. Księżyc musi być fazy nowiu. Słońce musi znajdować się w pobliżu węzła księżycowego, a więc w pobliżu ekliptyki. Długość ekliptyczna Księżyca podczas nowiu musi różnić się od długości ekliptycznej węzła księżycowego o mniej niż  $15^{\circ} 21'$ . Zaćmienie natomiast nie nastąpi gdy różnica ta będzie większa od  $18^{\circ} 31'$ .

Wyróżniamy następujące rodzaje zaćmień:

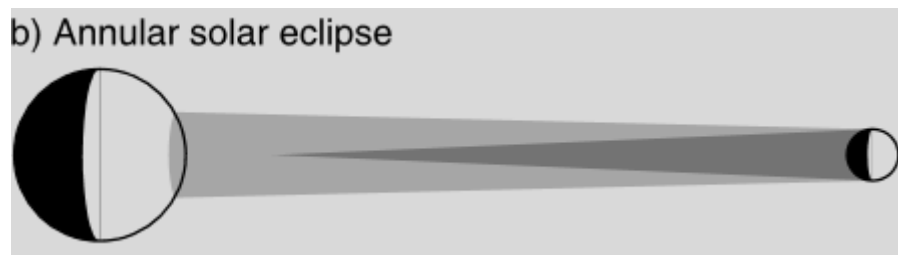
- a) częściowe;
- b) całkowite;
- c) obrączkowe;
- d) hybrydowe.

Z punktu widzenia geometrii zaćmienie całkowite jest możliwe, kiedy rozmiary kątowe tarczy księżycowej są większe od rozmiarów kątowych tarczy słonecznej. Jest to możliwe tylko wtedy, kiedy Ziemia znajduje się w pobliżu aphelium swojej orbity natomiast Księżyc w nowiu znajduje się w pobliżu perygeum orbity. Przy takim położeniu ciał niebieskich długość osi stożka cienia księżycowego jest większa niż odległość Księżyca od Ziemi. Stożek cienia przecina powierzchnię Ziemi. Obserwator znajdujący się w polu cienia, ma możliwość obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca i spostrzeże, że rozmiary kątowe tarczy księżycowej są nieznacznie większe od rozmiarów kątowych tarczy słonecznej, co spowodowało całkowite zakrycie tarczy słonecznej. Maksymalna szerokość pasa całkowitego zaćmienia wynosi 270 km. Prędkość z jaką porusza się cień po powierzchni Ziemi wynosi 0,5-2 km/s. Obserwator znajdujący się w półcieniu będzie natomiast miał możliwość obserwacji zaćmienia częściowego.



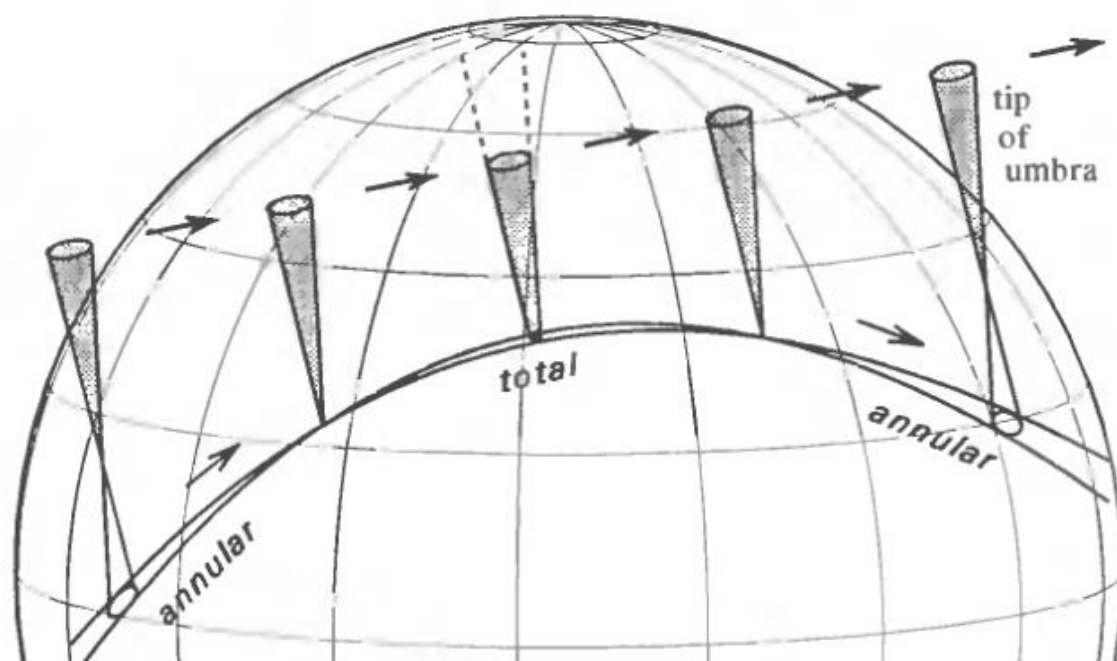
Źródło: Karttuner, Kroger, Oja, Poutanen, Donner, *Astronomia ogólna*, PWN, 2020.

Kiedy Księżyc w nowiu znajduje się w pobliżu apogeum swojej orbity, zaś Ziemia na orbicie znajdzie się w pobliżu peryhelium swojej orbity, wówczas nastąpi zaćmienie obrączkowe. Przy takim położeniu obu ciał niebieskich długość osi stożka cienia księżycowego jest krótszy od odległości Księżyca od Ziemi. W takiej sytuacji stożek cienia nie przetnie kuli ziemskiej. Wierzchołek stożka cienia księżycowego będzie przemieszczał na wysokości około 4000 km nad powierzchnią Ziemi. Obserwator znajdujący się w tym obszarze spostrzeże, że rozmiary kątowe tarczy księżycowej są nieco mniejsze od rozmiarów kątowych tarczy słonecznej i zaobserwuje zaćmienie obrączkowe. Tarcza Księżyca przysłoni częściowo tarczę słoneczną, a wokół ciemnej tarczy księżyca pojawia się jasny wąski pierścień przypominający obrączkę, stąd nazwa zaćmienia.



Źródło: Karttuner, Kroger, Oja, Poutanen, Donner, *Astronomia ogólna*, PWN, 2020.

W sytuacji kiedy długość osi stożka cienia księżycowego jest porównywalna z odległością Księżyca od Słońca wówczas jest możliwość zajścia zaćmienia hybrydowego. Powierzchnia Ziemi nie jest idealną kulą, a na jej powierzchni występują obszary depresyjne, wyżynne, nizinne. Kiedy stożek cienia księżycowego dotrze do kuli ziemskiej to wówczas będą obszary, kiedy stożek cienia przetnie powierzchnię kuli ziemskiej, wówczas obserwator będzie świadkiem zaćmienia słonecznego całkowitego, natomiast w innych obszarach stożek cienia księżycowego nie przetnie jej powierzchni, wówczas wystąpi zaćmienie obrączkowe. Tego typu kombinacja zaćmień podczas zjawiska nazywamy zaćmieniem hybrydowym.



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

Mogą wystąpić następujące kombinacje:

- a) obrączkowe - całkowite - obrączkowe;
- b) obrączkowe - całkowite;
- c) całkowite - obrączkowe.

Najczęściej występuje kombinacja obrączkowe-całkowite-obrączkowe, a najrzadziej obrączkowe-całkowite.

Table 3-4. Statistics of Hybrid Eclipses

| Hybrid Eclipses      | Number | Percent |
|----------------------|--------|---------|
| All Hybrid Eclipses  | 569    | 100.0%  |
| Class 1 Hybrid (ATA) | 519    | 91.2%   |
| Class 2 Hybrid (TA)  | 24     | 4.2%    |
| Class 3 Hybrid (AT)  | 26     | 4.6%    |

Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

Statystycznie częściowe zaćmienie Słońca występuje najczęściej, najrzadziej zaćmienie hybrydowe.

Table 3-1. Distribution of Basic Eclipse Types

| Eclipse Type | Abbreviation | Number | Percent |
|--------------|--------------|--------|---------|
| All Eclipses | —            | 11,898 | 100.0%  |
| Partial      | P            | 4,200  | 35.3%   |
| Annular      | A            | 3,956  | 33.2%   |
| Total        | T            | 3,173  | 26.7%   |
| Hybrid       | H            | 569    | 4.8%    |

Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

Najdłuższy czas trwania zaćmienia wystąpi wtedy kiedy w dniu zaćmienia, Ziemia znajdzie się w apogeum swojej orbity, a Księżyc w perygeum. Z obliczeń wynika, że czas trwania zaćmienia całkowitego słonecznego, dla dowolnego rejonu na powierzchni Ziemi, nie może trwać dłużej niż 7 minut i 31 sekund (dla czasów współczesnych). Ostatnie całkowite zaćmienie Słońce, które trwało powyżej 7 minut, a dokładniej 7 minut i 4 sekundy, miało miejsce 30 czerwca 1973 roku w Afryce (w południowej Algierii oraz Nigerii). Następne zaćmienie, które będzie trwało powyżej 7 minut (7 minut i 14 sekund) nastąpi 25 czerwca 2150 roku, nad Pacyfikiem. Maksymalny czas trwania całego zaćmienia wynosi 3,5 godziny.

Jean Meeus i Fred Espenak przeprowadził obliczenia teoretycznego maksymalnego czasu trwania zaćmienia Słońca w różnych tysiącletniach dla obu węzłów księżycowych.

Table 3-24. Theoretical Maximum Duration of Totality

| Year  | Duration at Ascending Node | Duration at Descending Node |
|-------|----------------------------|-----------------------------|
| -2000 | 7m 07.4s                   | 7m 29.8s                    |
| -1000 | 7m 19.1s                   | 7m 34.6s                    |
| 0000  | 7m 27.4s                   | 7m 36.0s                    |
| +1000 | 7m 31.9s                   | 7m 33.6s                    |
| +2000 | 7m 32.3s                   | 7m 27.1s                    |
| +3000 | 7m 28.8s                   | 7m 17.1s                    |
| +4000 | 7m 22.1s                   | 7m 04.0s                    |
| +5000 | 7m 12.9s                   | 6m 48.7s                    |
| +6000 | 7m 03.3s                   | 6m 32.5s                    |
| +7000 | 7m 01.9s                   | 6m 32.8s                    |

Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

Podobne obliczenia Espenak i Meeus przeprowadzili dla zaćmienia obrączkowego i wyznaczyli maksymalny czas trwania zaćmienia obrączkowego w zależności od węzła:

Table 3-23. Theoretical Maximum Duration of Annularity

| Year  | Duration at Ascending Node | Duration at Descending Node |
|-------|----------------------------|-----------------------------|
| -2000 | 12m 16.8s                  | 11m 40.9s                   |
| -1000 | 12m 30.2s                  | 12m 04.8s                   |
| 0000  | 12m 35.5s                  | 12m 21.3s                   |
| +1000 | 12m 32.3s                  | 12m 29.5s                   |
| +2000 | 12m 20.7s                  | 12m 29.2s                   |
| +3000 | 12m 01.4s                  | 12m 20.6s                   |
| +4000 | 11m 35.6s                  | 12m 04.6s                   |
| +5000 | 11m 04.9s                  | 11m 42.4s                   |
| +6000 | 10m 31.0s                  | 11m 15.9s                   |
| +7000 | 10m 33.1s                  | 11m 15.7s                   |

Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

W ciągu tysiąclecia zachodzi średnio 2375 zaćmień Słońca., w tym: 659 zaćmień całkowitych, 838 zaćmień częściowych, 773 zaćmień obrączkowych i 105 zaćmień hybrydowych (obráczkowo-całkowitych).

W ciągu roku może wystąpić od 2 do 5 zaćmień słonecznych, w różnych miejscach na kuli ziemskiej. Najrzadziej występuje pięć zaćmień rocznie.

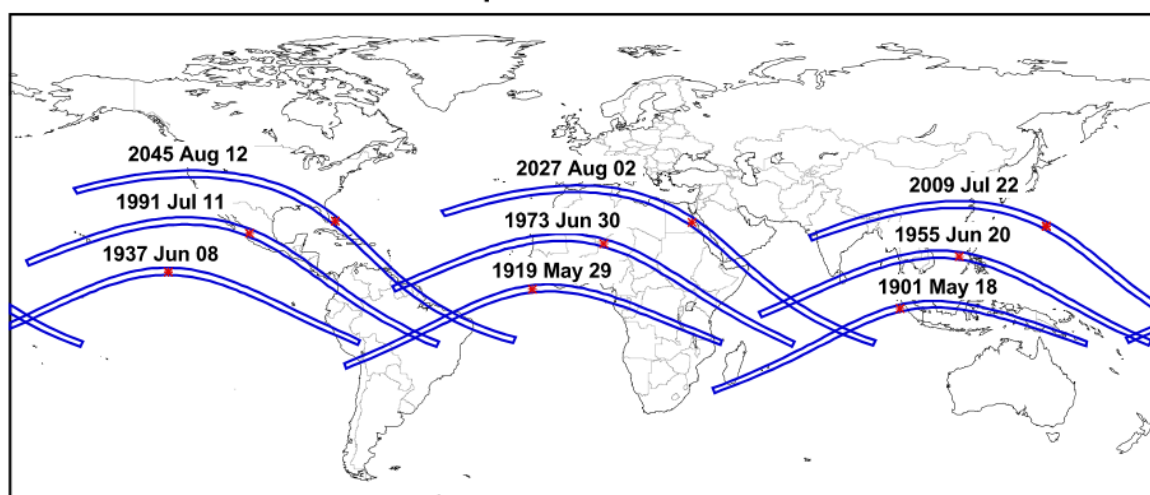
Table 3-7. Number of Solar Eclipses per Year

| Number of Eclipses per Year | Number of Years | Percent |
|-----------------------------|-----------------|---------|
| 2                           | 3,625           | 72.5%   |
| 3                           | 877             | 17.5%   |
| 4                           | 473             | 9.5%    |
| 5                           | 25              | 0.5%    |

Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

Już w starożytności zauważono prawidłowość w pojawianiu się zaćmień Słońca. Odstęp czasu po którym nastąpi powtórzenie zaćmienia nazwano okresem Saros, który trwa 18 lat 11 dni i 8 godzin (18 lat 10 dni i 8 godzin, w wypadku gdy w ciągu tego okresu osiemnastoletniego wystąpi 5 lat przestępnych). Dwa następujące, po okresie Saros, zaćmienia Słońca są bardzo podobne do siebie. Następują przy tym samym węźle księżycowym, z Księżycem znajdującym się w podobnej odległości od Ziemi, w tej samej porze roku. Jak wiadomo cykl Saros nie jest całkowitą wielokrotnością pełnych dni. Zatem poszczególne następujące po okresie Saros zaćmienia słoneczne są obserwowane z Ziemi z obszarów geograficznych przesuniętych względem poprzedniego zaćmienia o około 120° (8 godzin - 1/3 obrotu globu ziemskiego wokół własnej osi). Dopiero po 54 latach i 34 dniach zaćmienie wystąpi w przybliżeniu w podobnym obszarze geograficznym. Taki potrójny okres Saros nazywany jest Exeligmos.

Eclipses from Saros 136: 1901 to 2045



Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

Położenie węzła księżycowego podczas następujących po sobie zaćmień Słońca, po okresie Saros, przesuwa się o około 0,48° (a dokładniej 28') na wschód. Kiedy rozpoczyna się cykl zaćmień, pierwsze zaćmienie z danej serii cyklu charakteryzuje się małą fazą i zachodzi przy najskrajniejszym położeniu Słońca od węzła księżycowego. Drugie zaćmienie w cyklu Saros

będzie charakteryzowało się fazą nieco większą, a to za sprawą, że Słońce będzie bliżej węzła księżycowego o 28' (Słońce przemieści względem poprzedniego położenia o 28' na zachód). Przy trzecim zaćmieniu w cyklu Saros, Słońce znów będzie bliżej węzła o kolejne 28' i tym samym faza zaćmienia ponownie wzrośnie. Sytuacja będzie się powtarzała, aż w końcu faza zaćmienia osiągnie maksimum. Dalsze przesuwanie się Słońca względem węzła orbity księżycowej (Słońce będzie oddalało się od węzła) będzie skutkowało zmniejszaniem się fazy zaćmienia, aż przy ostatnim zaćmieniu z serii, faza zaćmienia będzie minimalna. Położenie geograficzne miejsca zajścia zaćmienia w następujących po sobie zaćmieniach w serii danego cyklu zmienia się. Zaćmienie rozpoczynające cykl Saros zaczyna się zaćmieniem w pobliżu jednego z biegunów. Pas zaćmienia każdego kolejnego zaćmienia z cyklu powoli przesuwa się w kierunku równika, i jednocześnie zwiększa się faza zaćmienia. Po zajściu pewnej liczby zaćmień z cyklu, Słońce znajduje się bardzo blisko węzła księżycowego, zaćmienie widoczne jest w pobliżu równika, jest to zaćmienie całkowite. Czas trwania takiego zaćmienia jest najdłuższy. Każde kolejne zaćmienie Słońca z cyklu oddala się od równika, a pas zaćmienia przesuwa się na drugą półkulę Ziemi. Ostatnie zaćmienie z cyklu charakteryzujące się najmniejszą fazą, zachodzi przy biegunie na przeciwległej półkuli.

Poszczególne cykle zawierające serie zaćmień są numerowane. Uwzględniając warunek przy których może wystąpić zaćmienie można wyznaczyć liczbę zaćmień Słońca jaka może wystąpić w danym cyklu. Ze względu eliptyczność orbit Ziemi i Księżyca w danym cyklu Saros może nastąpić od 69 do 87 zaćmień, a więc seria zaćmień w danym cyklu Saros może trwać od 1226 do 1551 lat.

Table 5-2. Number of Solar Eclipses in Saros Series

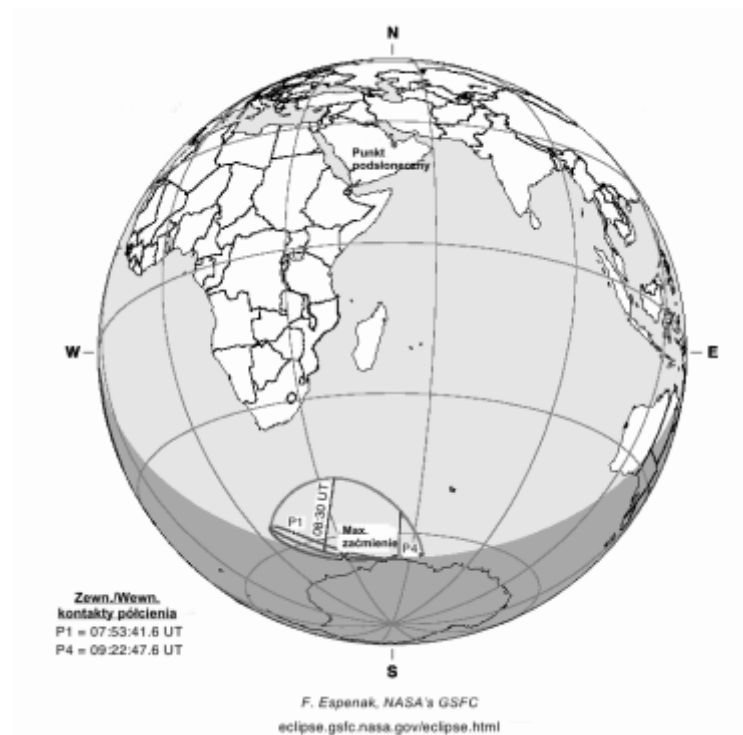
| Number of Eclipses | Duration (years) | Number of Series | Saros Series Numbers        |
|--------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| 69                 | 1226             | 4                | 156, 171, 174, 177          |
| 70                 | 1244             | 25               | 104, 116, 122, 123, 131,... |
| 71                 | 1262             | 40               | 22, 25, 61, 62, 64,...      |
| 72                 | 1280             | 57               | -11, 0, 1, 3, 4,...         |
| 73                 | 1298             | 25               | -13, -12, -3, 2, 5,...      |
| 74                 | 1316             | 10               | -8, -1, 9, 17, 31,...       |
| 75                 | 1334             | 8                | -10, -9, -2, 15, 74,...     |
| 76                 | 1352             | 3                | 11, 108, 146                |
| 77                 | 1370             | 3                | 145, 166, 184               |
| 78                 | 1388             | 1                | 69                          |
| 79                 | 1406             | 2                | 111, 182                    |
| 80                 | 1424             | 4                | -4, 129, 147, 164           |
| 81                 | 1442             | 1                | 109                         |
| 82                 | 1460             | 2                | 71, 127                     |
| 83                 | 1478             | 4                | 30, 72, 88, 90              |
| 84                 | 1496             | 5                | 32, 33, 35, 53, 70          |
| 85                 | 1514             | 4                | 13, 14, 16, 51              |
| 86                 | 1533             | 5                | -7, -5, 12, 34, 52          |
| 87                 | 1551             | 1                | -6                          |

Źródło: Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000* (2000 BCE to 3000 CE), NASA/TP - 2009-214174.

Obecne zaćmienie z 25 października 2022 roku jest 55 (z 73) zaćmieniem w cyklu Saros 124.

Cykl Saros oznaczony liczbą 124 rozpoczął się 6 marca 1049 roku, a skończy 11 maja 2347 roku. Łączna liczba zaćmień wyniesie 73.

Niedawno, 1 lipca 2011 roku, rozpoczął się nowy cykl Saros oznaczony liczbą 156, który potrwa do 14 lipca 3237 roku i zawierać będzie serie 69 zaćmień. Cykl rozpoczął się na półkuli południowej w pobliżu południowego bieguna ziemskiego, a zakończy na półkuli północnej w pobliżu bieguna północnego.

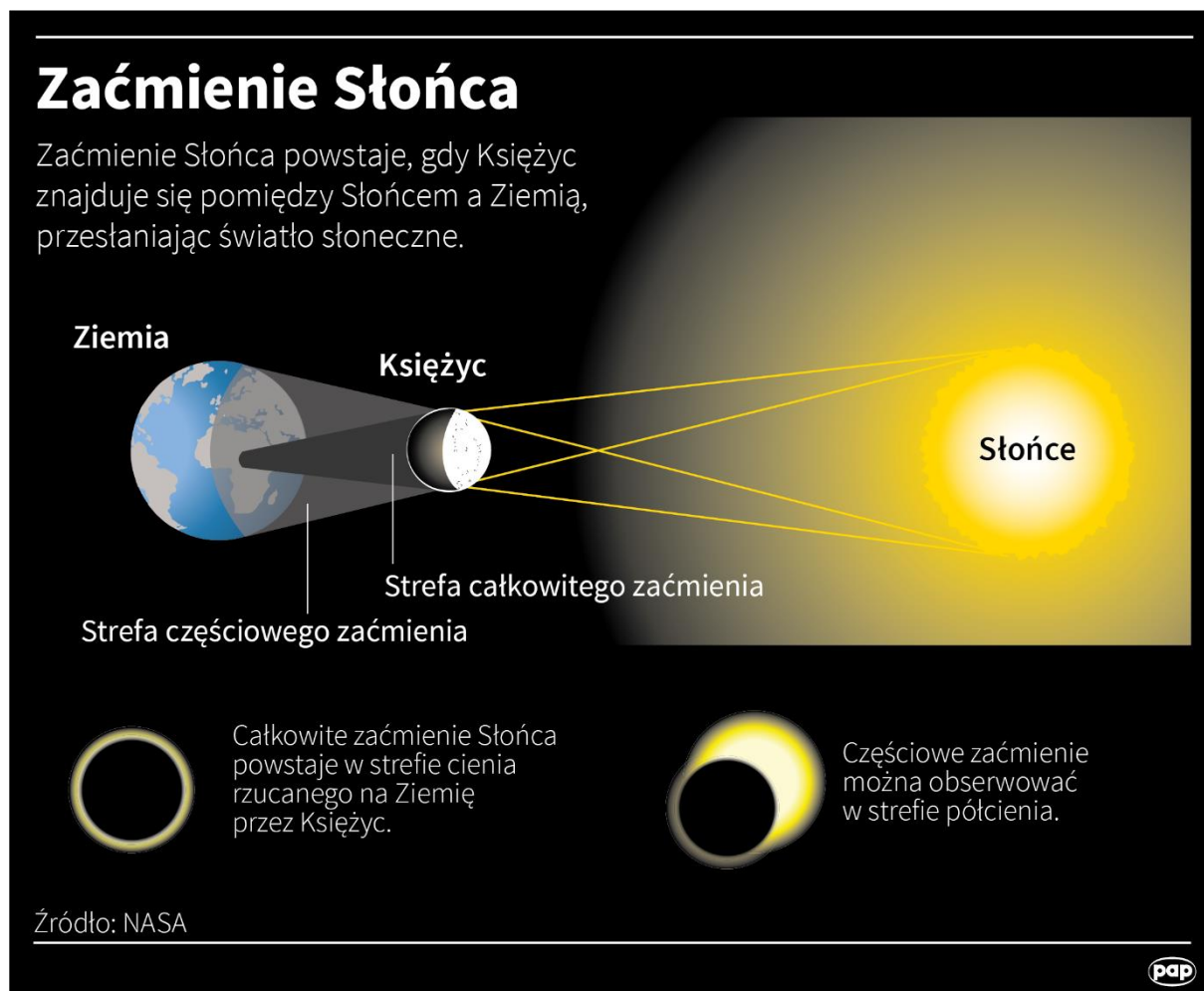


Zaćmienie w dniu 1 lipca 2011 roku, rozpoczęcie cyklu Saros 156.

Podczas obserwacji zaćmienia występują różne specyficzne efekty: widać bardzo prędko poruszający się cień Księżyca, co daje pojęcie o prędkości orbitalnej Srebrnego Globu wokół Ziemi (rzędu km/s). Świat zwierzęcy reaguje panicznie, gdyż nawet chwilowa, kilkuminutowa ciemność jest niezgodna z ich zegarem biologicznym (rytmem nocy i dnia). Gwałtownie (nawet o 10 stopni Celsjusza) spada temperatura, co obserwujemy stopniowo podczas zaćmienia częściowego. Na nieboskłonie pojawiają się jaśniejsze gwiazdy oraz planety, które – jak np. Merkury – nie są łatwo uchwytnie poza okresem zaćmienia (który z racji faktu, że jest planetą dolną, nie oddala się od Słońca bardziej niż na dwadzieścia kilka stopni - więc zwykle tonie w jego blasku).

Każde zaćmienie całkowite dzieli się na kilka faz. Pierwszą jest I kontakt – chwila zetknięcia tarczy Księżyca z zachodnim brzegiem tarczy Słonecznej. Od tej chwili rozpoczyna się częściowe zaćmienie Słońca. Wraz z upływem czasu coraz większa powierzchnia tarczy słonecznej jest zakrywana przez powierzchnię Księżyca. W fazie końcowej widać jedynie wąski

sierp światła słonecznego. II kontakt - chwila kiedy tarcza Księżyca styka się wewnętrznie z zachodnim brzegiem tarczy słonecznej. Rozpoczyna się całkowite lub obrączkowe zaćmienie. III kontakt - gdy tarcza Księżyca styka się wewnętrznie ze wschodnim brzegiem tarczy słonecznej- rozpoczyna się faza zaćmienia częściowego. Tarcza Księżyca odsłania coraz to większą powierzchnię tarczy słonecznej. Początkowo widać jedynie cienki sierp, który powiększa się z upływem czasu. IV kontakt - tarcza się Księżyca styka się zewnętrznie ze wschodnim brzegiem tarczy słonecznej - koniec zaćmienia.



Warto pamiętać, że o ile zaćmienie Księżyca widać (w przypadku dobrej pogody) z całej półkuli, to zaćmienie Słońca charakteryzuje się wąskim pasem całkowitości i dużo szerszym obszarem zaćmienia częściowego. Których zaćmień (Słońca czy Księżyca) jest więcej? Okazuje się, że Słońca! Wydaje się to dziwne (bo przecież każdy widział zaćmienie Księżyca a niekoniecznie tak jest z zaćmieniem Słońca). Jednak za ten *efekt selekcji* odpowiada właśnie wielkość obszaru na Ziemi, z którego zaćmienie jest obserwowane.

Oprócz helu, który jest jednym z rzeczywistych pierwiastków chemicznych ujętym w tablicy Mendelejewa, w atmosferze Słońca doszukiwano się także pierwiastka „coronium” – jako, że tajemnicze linie widmowe pojawiały się przy obserwacji spektrografem korony słonecznej. Wiemy dziś jednak, że za linie „coronium” odpowiadało wielokrotnie zjonizowane żelazo świadczące o tym, że w koronie słonecznej panują ekstremalne temperatury, nawet powyżej miliona stopni Celsjusza (choć w astronomii chętniej używa się skali stopni Kelvina).

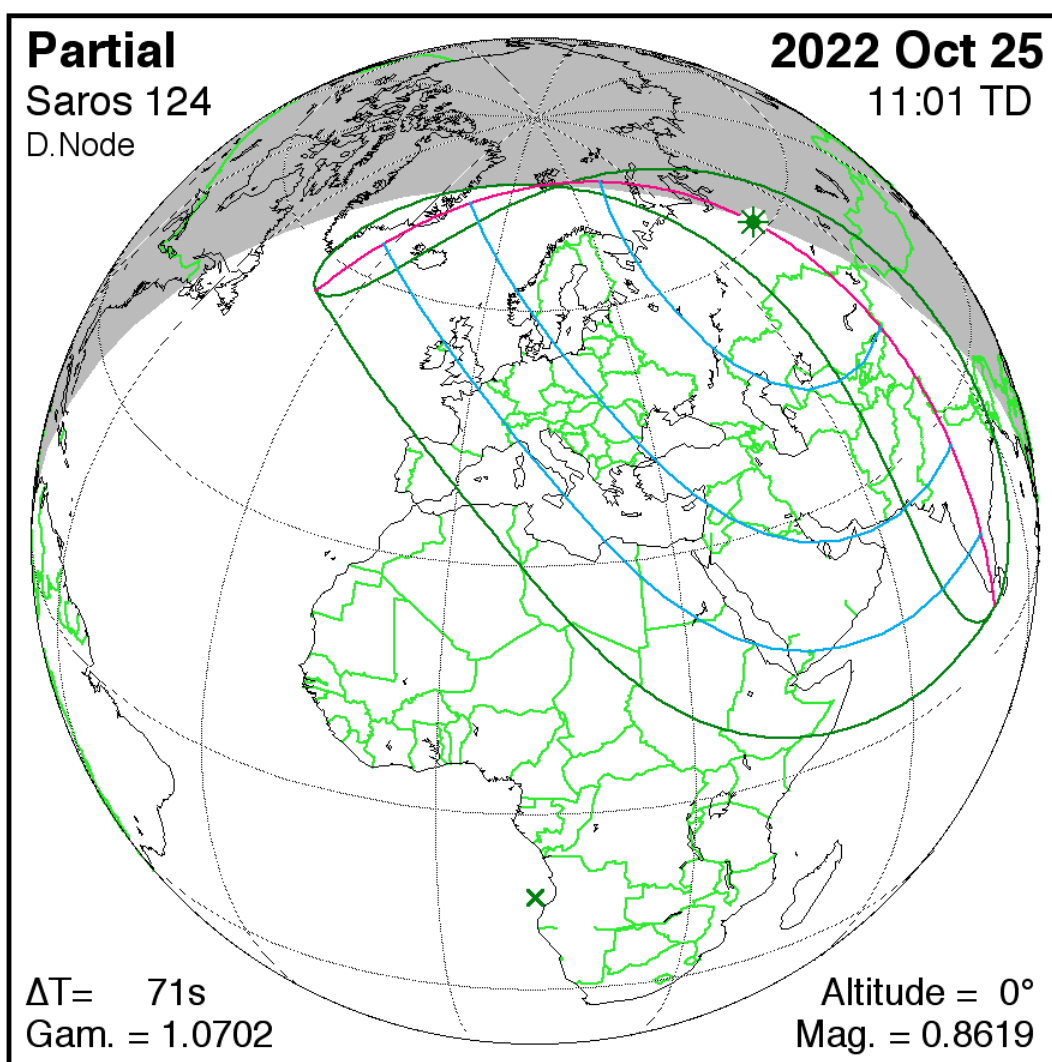
Słońce – oprócz obserwatorów ziemskich (np. przez teleskopy słoneczne bądź zwykłe, amatorskie) jest oglądane także przez satelity takie, jak SOHO. Przesłaniają one tarczę Gwiazdy Diennej tak, aby wyeliminować jej blask. Dzięki temu, że satelita porusza się poza atmosferą nie mamy efektu rozproszenia światła i widzimy np. efekty koronalnych wyrzutów masy (*CME* – Coronal Mass Ejection) czy komety muskające Słońce. W badaniu tych drugich spore zasługi ma żywiecki astronom, Michał Kusiak (jest aktualnie rekordzistą w liczbie odkrytych komet).

Najbliższe *częściowe* zaćmienie Słońca w Polsce nastąpi już za kilka dni: 25 października 2022. Natomiast aby zobaczyć zaćmienie całkowite, będziemy musieli wyjechać z Polski na wyprawę, gdyż najbliższe zaćmienie całkowite w Polsce będzie widoczne dopiero 7 października 2135 roku. Kuszącą propozycją wydaje się ekspedycja na zaćmienie całkowite do Hiszpanii i Portugalii, 12 sierpnia 2026 roku. W XXI wieku najdłużej trwającym zaćmieniem całkowitym było to w Chinach, w 2009 roku – faza całkowitości trwała ponad 6min40s. Dobrze też wspominać zaćmienie z 2006 roku, na które z Krakowa do Turcji pojechała autobusowa ekspedycja zorganizowana przez dr. Tomasza Ścieżora. Z kolei obserwatorzy w Stanach Zjednoczonych szykują sprzęt na 8 kwietnia 2024 roku, kiedy to tam będzie znajdował się pas zaćmienia całkowitego.

Samo zaćmienie obserwować należy przez jakiś filtr. Gołym okiem Słońce widzimy jako zbyt jasne, co dopiero przez lornetę czy teleskop. Potrzeba najlepiej folii Baadera (zwanej też mylarową, dostępnej w sklepach optycznych), umieszczonej przed okiem lub obiektywem. Jeśli jej nie mamy, może być szybka z maski spawalniczej, płyta CD bądź kawałek dyskietki starego typu. Zwykle przed zaćmieniami za grosze można kupić też specjalne okulary. **Nigdy nie wolno** patrzeć bezpośrednio przez teleskop na Słońce! Grozi to trwałym uszkodzeniem siatkówki oka. Zdjęcia wykonywane podczas zaćmień bywają świetną pamiątką z wyprawy, inspiracje można znaleźć w każdym kolorowym piśmie astronomicznym („Urania”, „Sky & Telescope”, „Astronomy”, „Vademecum miłośnika astronomii” lub inne lokalne czasopisma).

Podobnie jak w przypadku innych zjawisk astronomicznych, dobrze jest uprzednio wyświetlić sobie przebieg zjawiska w programie komputerowym lub aplikacji na telefon. Będziemy wiedzieć, jak wysoko będzie zaćmiewane Słońce i którą część horyzontu powinniśmy zabezpieczyć najlepiej (słowem, osadzić zjawisko we współrzędnych horyzontalnych). Potem trzeba tylko kupić bilet na samolot lub wycieczkę i czekać na dobrą pogodę (i towarzystwo) do obserwacji.

Jeśli chodzi o zaćmienie Słońca w Polsce 25 października, to zacznie się ono około kwadrans po 11 czasu lokalnego. Faza maksymalna wyniesie w Warszawie 0.41 a w Krakowie 0.37 i osiągnięta zostanie około 12:23 czasu CEST. Wreszcie Księżyc całkowicie odłoni Słońce około 13:30 czasu lokalnego. Trzeba zabezpieczyć sobie południowy i południowo-zachodni horyzont.



**Thousand Year Canon of Solar Eclipses**  
©2014 by Fred Espenak

Przebieg zjawiska w Polsce.

Poniższa tabela podaje przebieg zaćmienia dla wybranych miast w Polsce:

| Miasto    | $T_p$                          | $T_{max}$                       | $T_k$                           | $F_{max}$ | $h$ |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|-----|
| Białystok | 9 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> | 0.557     | 25° |
| Gdańsk    | 9 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> | 0.520     | 23° |
| Kraków    | 9 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> | 0.489     | 28° |
| Łódź      | 9 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> | 0.501     | 26° |
| Poznań    | 9 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> | 0.479     | 25° |
| Szczecin  | 9 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 0.464     | 24° |
| Warszawa  | 9 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> | 0.522     | 26° |
| Wrocław   | 9 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 10 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> | 11 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> | 0.462     | 27° |

$T_p$ ,  $T_{max}$ ,  $T_k$  - momenty początku, maksimum i końca zaćmienia (UT)

Dla obowiązującego w tym okresie w Polsce czasu letniego do podanych wartości należy dodać 2<sup>h</sup>.

$h$  - wysokość Słońca nad horyzontem w momencie maksimum

$F_{max}$  - maksymalna widoczna faza.

Cień Księżyca przechodzi powyżej północnych obszarów biegunowych Ziemi. Zaćmienie widoczne będzie w całej Europie (z wyjątkiem południowo-zachodniej części Półwyspu Iberyjskiego), w północno-wschodniej Afryce, południowo-zachodniej Azji i w północnej części Oceanu Indyjskiego.

Półcień Księżyca dotknie powierzchni Ziemi na północnym Atlantyku, ok. 300 km na wschód od południowego cypla Grenlandii, o godzinie 8<sup>h</sup>58<sup>m</sup>10<sup>s</sup>. Faza maksymalna równa 0.8611 nastąpi o godzinie 11<sup>h</sup>00<sup>m</sup>00<sup>s</sup> i będzie widoczna w środkowej Azji, w punkcie o współrzędnych  $\varphi = 65^{\circ}35'N$ ,  $\lambda = 74^{\circ}28'E$ . Zaćmienie zakończy się o godzinie 13<sup>h</sup>02<sup>m</sup>08<sup>s</sup>, gdy półcień opuści Ziemię na Oceanie Indyjskim tuż przy południowym cyplu Półwyspu Indyjskiego.

Źródło: Almanach astronomiczny 2022, PTA, 2021.

**Aktualizacja prognozy na zaćmienie Słońca w niedzielę po południu i w poniedziałek w popołudnie, dostępna na stronie <https://cmm.imgw.pl/> pod linkiem <https://cmm.imgw.pl/?p=17871>**

Opracowanie:

prof. dr hab. inż. Mariusz Figurski, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

dr Grzegorz Duniec, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

dr Marcin Kolonko, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

mgr Radosław Drożdżoń, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

Backend:

mgr Marcin Grzelczyk, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB