

# Gdy dzień zamienia się w noc

## Wstęp

Całkowite zaćmienia Słońca nawet w XXI wieku są zjawiskiem wywołującym skrajne emocje. Dotyczą one nie tylko wciąż istniejących prymitywnych ludów i plemion, dla których codzienne zniknięcie słonecznego blasku i ciepła ma nadprzyrodzone konotacje, ale również dla człowieka Zachodu. To on uzbrojony w najnowocześniejsze instrumenty obserwacyjne, nierzadko przemierzający dziesiątki tysięcy kilometrów do pasa zaćmienia, kiedy dzień na kilka minut zmienia się w noc wciąż odczuwa atawistyczną mieszaninę silnych, podnoszących tętno wrażeń – fascynację, ciekawość i lęk. Piszący te słowa był uczestnikiem dwóch ekspedycji zaćmieniowych w 1999 roku do rumuńskiego miasta Rimnicu Vilcea – znanego dziś jako centrum rumuńskiej przestępczości komputerowej, oraz w 2006 roku do Side – starożytnego portu, miejsca spotkań piratów i ośrodka handlu niewolnikami, leżącego w dzisiejszej Turcji. W obu przypadkach, chwile tuż przed fazą całkowitą zjawiska, wywoływały z trudem dający się opisać słowami stan uniesienia i nerwowego oczekiwania. A przecież jego natura jest dobrze znana, od wieków ubrana w aparat matematyczny, a dzięki niemu obliczona na wiele setek lat do przodu. Przyjrzyjmy się więc całkowitym zaćmieniom Słońca, jako jednemu z najpiękniejszych fenomenów przyrody tym bardziej, że 21 sierpnia br. będziemy świadkami chyba najbardziej wyczekiwanego od lat zaćmienia, przebiegającego długim pasem przez obszar Stanów Zjednoczonych, do których udają się liczne ekspedycje, w tym wiele osób z naszego kraju.



Modły kapłana Herhora w filmie „Faraon” Jerzego Kawalerowicza

## Tło historyczne

W wierzeniach prehistorycznych cywilizacji Słońce nieodmiennie zajmowało naczelną pozycję pośród panteonu ich bóstw. Jego życiodajna rola, pomimo braku fizycznego zrozumienia charakteru świetlnego dysku, była powszechnie akceptowana i obdarzana najwyższym szacunkiem. Majestatyczny Bóg-Słońce zapewniał obfite zbiory, ogrzewał domostwa, jego wschód i zachód symbolizował odwieczny cykl życia i śmierci. Czasem Słońce powodowało również katastrofalne susze, klęski głodu, kiedy ludność danego obszaru stawała na granicy przetrwania. Zjawiska związane ze Słońcem były więc traktowane na zmianę odpowiednio jako niebiańską łaskę lub niełasę, a pokorny i nieświadomy lud musiał się im podporządkowywać.



Solarne petroglify w Loughcrew Cairn w Irlandii mogą być świadectwem prehistorycznego zaćmienia Słońca obserwowanego tam w dniu 30 listopada 3340 r. p.n.e.

W dawnych czasach całkowite zaćmienia Słońca, podobnie jak pojawienie się jasnej komety, uważane były za zwiastun nieszczęść, chorób, śmierci ważnych postaci, wojen, konfliktów, klęsk żywiołowych. Podczas zaćmienia ciężarne kobiety chowały się, aby dziecko nie urodziło się ze znamieniem, zakrywano studnie, aby nie doszło do skażenia wody kosmiczną trucizną. W wierzeniach Słowiańszczyzny, podczas zaćmień Słońca i Księżycy wzrastała moc złych czarownic i demonów, a na ludzi spadały schorzenia. Nawet ewangelista Łukasz wspominał o czymś, co mogło być zaćmieniem Słońca lub Księżycy, w wyniku czego zapadły złowrogie ciemności towarzyszące śmierci Jezusa na krzyżu.



Strwożeni peruwiańscy Indianie podczas całkowitego zaćmienia Słońca, kolorowa litografia Gallo Galliny (1778-1837)

Źródła historyczne wskazują, że pierwsze znane nam obserwacje zaćmień Słońca prowadzili starożytni Chińczycy. Według wierzeń mieszkańców Kraju Środka znikająca gwiazda była konsumowana przez głodnego smoka. Aby przegonić łakome zwierzę podczas zjawiska strzelano w niebo strzałami, zimnymi ogniami, walono z impetem w bębny, wszczynano ogólny hałas. Istnieje nawet przypowieść o nieszczęsnych astronomach Hsi i Ho, którzy za panowania cesarza Yao przeoczyli całkowite zaćmienie Słońca (być może chodziło o zjawisko z dnia 22 października 2134 roku p.n.e.), oddając się w tym czasie suto zakrapianej alkoholowej libacji. Przerażony cesarz, który obawiał się zapadnięcia wiecznych ciemności, wydał surowy wyrok za brak odpowiedniej prognozy zjawiska. Za ową niesubordynację uczeni zapłacili głowami.



Pas zaćmienia z 585 r. p.n.e. na mapie Jamesa Mynde (1702-1771)

Cenne świadectwa o obserwacjach tego niecodziennego zjawiska przekazali też Hebrajczycy, Babilończycy, Grecy, Rzymianie, Egipcjanie, Japończycy, Ormianie, czy Majowie. Opis starożytnego zaćmienia Słońca znajduje się w Starym Testamencie w księdze Genesis. Mowa tam prawdopodobnie o zjawisku z dnia 9 maja 1533 roku p.n.e. Wydarzyło się ono podczas zachodu Słońca, gdy ojciec narodu żydowskiego Abraham podróżował do kraju żyznego Kanaan, którego południowa część miała stać się ziemią obiecaną dla jego ludu. Zaćmienie Słońca z dnia 16 kwietnia 1177 roku p.n.e. być może towarzyszyło powrotowi Odyseusza do swojej ukochanej żony Penelopy. Homerycki opis z „Odysei” wspomina o tego typu zjawisku obserwowanym z rejonu Itaki.

Szczególnie istotne z historycznego punktu widzenia wydaje się zaćmienie z dnia 15 czerwca 763 roku p.n.e., opisane przez asyryjskich urzędników, w którym informują o rebelii mieszkańców jaką wywołało zjawisko z trwogą obserwowane w stolicy państwa, mieście Aszur. Asyryjskie zaćmienie stało się podstawą datowania okresów rządów kolejnych królów tego rejonu. Ponad wiek później grecki poeta Archiloch (VII w. p.n.e.) opisał w swoim poemacie zaćmienie Słońca, które wydarzyło się dnia 6 kwietnia 648 roku p.n.e. Autor pisze w nim o Zeusie, który tego dnia zamienił południe w noc, zsyłając strach na przerażonych ludzi. Inne zaćmienie Słońca archeologowie wykorzystali, aby umiejscowić w czasie bitwę pomiędzy Medami i Lidyjczykami, o której wspominał grecki historyk Herodot (484-429 p.n.e.). Znamienny jest opis bitwy nad rzeką Halys (28 maja 585 roku p.n.e.), w dzisiejszej Turcji, który pojawił się w jego „Dziejach”:

*(...) Kiedy mianowicie przy równych szansach przedłużali wojnę, zdarzyło się w szóstym roku wrogich zmagañ, że podczas walki dzień nagle ustąpił przed nocą. Tę przemianę dnia przepowiedział był Jończykom Tales z Miletu, a jako termin ustalił właśnie ten rok, w którym istotnie ona nastąpiła. Lidyjczycy jednak i Medowie, widząc, że z dnia zrobiła się noc, zaniechali walki i obie strony tym bardziej się pospieszyły, żeby zawrzeć pokój. (...)*



Artystyczna wizja zaćmienia nad rzeką Halys, które pogodziło Medów i Lidyjczyków, aut. Georges Rochegrosse (1859-1938)

Było to więc pierwsze udokumentowane naukowo przewidziane zaćmienie Słońca w historii, dokonane w dodatku przez słynnego greckiego filozofa, matematyka i astronoma Talesa z Miletu (VII/VI w. p.n.e.).

Z nowożytnych zaćmień Słońca wypada wspomnieć ważne dla wyznawców islamu, które obserwowane było w Medynie dnia 27 stycznia 632 roku. Było to zaćmienie obrączkowe i zbiegło się

ze śmiercią Ibrahima, syna proroka Mahometa. Sam prorok nauczał jednak wiernych, żeby nie wiązać tego zjawiska ze śmiercią lub narodzinami żadnego człowieka. Zaćmienie z dnia 2 sierpnia 1133 roku, dzień po wyruszeniu z Anglii jej króla Henryka I, wywołało przepowiednie o jego rychłej śmierci, która nastąpiła 2 lata później.

Inne, znacznie późniejsze, zaćmienie Słońca z dnia 5 maja 840 roku, według legendy miało być przyczyną zaśląbnienia i rychłego zgonu Ludwika I Pobożnego (778-840) – króla Franków i cesarza rzymskiego, syna sławnego Karola I Wielkiego (742-814). Wszystko potoczyłoby się normalnie, gdyby nie rozgorzała po jego śmierci wojna domowa o sukcesję, zakończona w 843 roku nietrwałym traktatem podpisanym przez zwaśnione strony w mieście Verdun. Podział imperium Karolingów dał w późniejszym okresie przyczynę do powstania trzech organizmów politycznych, które dziś znamy jako Francję, Niemcy i Włochy.

## Przepowiadanie zaćmień, czyli tajemniczy saros

Już starożytni uczeni wiedzieli, że wiele zjawisk astronomicznych wykazuje dającą się określić matematycznie cykliczność. Zauważyli oni, że skoro Słońce co rok powtarza swoją pozorną wędrówkę po nieboskłonie, a Księżyc w tym czasie wielokrotnie uwidacznia cykl zmian faz, to musi istnieć możliwość przepowiadania takich samych ustawień obu ciał wobec siebie. Wiedząc, że całkowite zaćmienie Słońca zachodzi tylko podczas nowiu, a także, że aby do niego doszło Księżyc musi znajdować się wtedy w węźle swojej wokółziemskiej orbity, długość podstawowego cyklu zaćmień otrzymano szukając wspólnej wielokrotności miesiąca synodycznego (okresu pomiędzy takimi samymi fazami satelity – 29 dni 12 godzin 44 minuty i 3 sekundy) oraz miesiąca smoczego (okresu pomiędzy przejściami satelity przez węzeł orbity – 27 dni 5 godzin 5 minut i 35,9 sekundy). Znaleziona długość cyklu obejmowała zatem 6585,3211 dni, czyli 223 miesiące synodyczne i 242 miesiące smocze, co daje 18 lat 11 dni i 8 godzin. Okres ten nazwano saros (od babilońskiego słowa s<sup>?</sup>ru, oznaczającego 3600 lat, czyli mniej więcej połowy czasu trwania saros). Po jego upływie Słońce, Księżyc i Ziemia wracają do zbliżonego ustawienia względem siebie.



Dziewięć kolejnych całkowitych zaćmień Słońca w latach 1901-2045, należących do tego samego Saros 136.

Widoczne podobieństwo kształtu ścieżek księżycowego cienia, a także geograficzne przesunięcie zachodnie i północne następujących po sobie zjawisk (źródło: Fred Espenak)

Znajomość saros umożliwiała bardzo dokładne przewidywanie zaćmień, zwłaszcza gdy posiadało się informacje o przeszłych zjawiskach, przekazywanych w formie ustnej czy pisemnej przez dawnych astronomów. Miało to wyjątkowe konsekwencje nie tylko naukowej, ale również politycznej i religijnej natury. Wspomnieliśmy o tym w pierwszych akapitach tego opracowania. Ułamek dziesiątyny w podanej wcześniej długości saros (1/3 dnia, czyli owe 8 godzin) powoduje, że kolejne zaćmienie po upływie saros nie wypadnie jednak w tym samym miejscu na Ziemi, ale będzie obserwowane około 120 stopni długości geograficznej na zachód. Dopiero po upływie trzech sarosów (okres ten określa się greckim słowem exeglimos) zaćmienie zajdzie na podobnej długości geograficznej, choć będzie przesunięte nieco na północ w wyniku postępującej zmiany położenia Księżyca względem naszej planety. W ciągu odpowiednio długiego czasu, ścieżki kolejnych podobnych zaćmień tworzą na kuli ziemskiej charakterystyczny regularny wzór.

Ale termin saros ma także drugie, nieco inne znaczenie, które określa całą serię kolejnych zaćmień, które dzieli wspomniane już 18 lat 11 dni i 8 godzin. W 1691 roku wprowadził je do astronomii angielski astronom Edmund Halley (1656-1742), jako efekt studiów bizantyjskiego leksykonu „Suda”. Nowa seria Saros (używamy tu wielkiej litery oraz kolejną liczbę naturalną) rozpoczyna się od

następujących po sobie zaćmień częściowych obserwowanych w rejonie północnego lub południowego bieguna naszej planety (w zależności od węzła orbity Księżyca w pobliżu którego zachodzi zaćmienie).



Następujące po sobie zaćmienia częściowe mają coraz większą fazę, co oznacza że dysk Księżyca zasłania za każdym razem większy fragment tarczy Słońca. W końcu dochodzi do serii zaćmień obrączkowych, a po nich zaćmień całkowitych (czasem są tylko obrączkowe), które zlokalizowane są w szerokim pasie po obu stronach równika. Po nich następują zaćmienia częściowe o zmniejszającej się fazie. Ostatnie z nich obserwuje się w pobliżu południowego bieguna Ziemi, jeśli Saros zaczął się w okolicy bieguna północnego, i odwrotnie. Ilość zaćmień Słońca wszystkich typów w ramach kompletnej serii Saros waha się od 69 do 87, a jej długość w zakresie od 1226 do 1551 lat.



Pierwsze 1. (częściowe) 14.06.1360, 35. środkowe (całkowite) 30.06.1973, oraz 71. ostatnie (częściowe) 30.07.2622, zaćmienia Słońca w ramach Saros 136.

Widoczna wędrówka ścieżek księżycowego cienia z rejonów bieguna południowego w stronę bieguna północnego (źródło: Fred Espenak)

Trzeba też zauważyć, że w związku z tym, że w ciągu roku zachodzi na Ziemi kilka zaćmień o różnej geometrii (maksymalnie 5 w ciągu roku), należą one do różnych serii Saros. Dla przykładu, obrączkowe zaćmienie Słońca z dnia 26 lutego 2017 roku jest 29. zaćmieniem w serii Saros 140, a całkowite zaćmienie Słońca z dnia 21 sierpnia 2017 jest 22. zaćmieniem należącym do Saros 145. W roku 1935 pięć kolejnych zaćmień należało odpowiednio do Saros 111, 149, 116, 154 i 121. W dowolnie wybranym kilkunastoletnim okresie „aktywnych” jest od 38 do 42 serii Saros na różnych etapach ewolucji.



Pierwsze 1. (częściowe) 25.05.1389, 35. środkowe (obráczkowe) 10.06.2002, oraz 70. ostatnie (częściowe) 28.06.2633, zaćmienia Słońca w ramach Saros 137.

Widoczna wędrówka ścieżek księżycowego cienia z rejonów bieguna północnego w stronę bieguna południowego (źródło: Fred Espenak)

Można zadać pytanie, czy na Ziemi są miejsca, które nigdy nie doświadczyły całkowitego zaćmienia Słońca? Odpowiedź jest z dużym prawdopodobieństwem przecząca, choć gdyby nałożyć na mapę trasy wszystkich całkowitych zaćmień Słońca mających miejsce na przykład w II tysiącleciu naszej ery, otrzymalibyśmy gęsto zakreślony obszar z licznymi „punktowymi” prześwitami. Dla konkretnego miejsca na Ziemi całkowite zaćmienie Słońca jest zjawiskiem bardzo rzadkim, powtarzającym się średnio co około 385 lat. Nie należy brać jednak tej liczby za podstawę ewentualnych prognoz. Co ciekawe, ilościowo zaćmienia Słońca są częstsze od zaćmień Księżyca, ale fakt ich obserwacji z wąskiego pasa sprawia, że wydają się rzadsze od zaćmień Księżyca, które widoczne są wszędzie tam, gdzie akurat satelita znajduje się ponad horyzontem.



Ścieżki wszystkich całkowitych zaćmień Słońca widocznych w latach 1001-2000. Tylko nieliczne miejsca na Ziemi ominął stożek cienia (źródło: Fred Espenak)

## W poszukiwaniu prawdy

Naukowym wyjaśnieniem fenomenu zaćmienia Słońca zajmowali się astronomowie chińscy, którzy jako pierwsi sugerowali jego słoneczno-księżycową naturę. Uczony Liu Xiang (79-8 r. p.n.e.) pisał, że podczas zaćmienia Słońca, jego blask chowa się za tarczą Księżyca. Klaudiusz Ptolemeusz (87-150) w szóstym księdze dzieła „Almagest” opisał teorię ruchu Słońca i Księżyca i wynikające z niej zaćmienia Słońca i Księżyca. Kilka wieków później aleksandryjski astronom Teon (335-405), podczas całkowitego zaćmienia Słońca z dnia 16 czerwca 364 roku, jako pierwszy wyznaczył moment początku, kulminacji i końca zjawiska. Użył do tego klepsydry i zegara wodnego. Pierwszy obszerny opis fenomenu zaćmienia Słońca zawdzięczamy niemieckiemu astronomowi Johannesowi Keplerowi (1571-1630), który oczarowany określił je jako „prezent od Stwórcy”. Uczony obserwował je w mieście Graz dnia 10 lipca 1600 roku (całkowite), a także 12 października 1605 roku w Pradze (częściowe). Używał do tego specjalnego urządzenia własnej konstrukcji, umożliwiającego bezpieczną obserwację oślepiającego dysku. W przypadku zaćmienia z 1605 roku, astronom odpowiednio wcześniej rozesłał listy po uczonych w Europie, którzy znajdowali się w pasie całkowitego zaćmienia (min. w Hiszpanii, Francji, na Korsyce i Sycylii), z prośbą, aby przesłali mu możliwie dokładne wyniki własnych obserwacji. Kepler jako pierwszy zachodni astronom zwrócił uwagę na jasną otoczkę wokół zaćmionego Słońca, którą dziś określa się mianem korony. Kolejnym, który zwrócił na nią uwagę był słynny Giovanni Cassini (1625-1712), świadek zaćmienia z dnia 12 maja 1706 roku w Paryżu. W tym roku dokonano też pierwszej znanej teleskopowej obserwacji tego zjawiska.



Najwcześniejsza znana mapa ścieżki całkowitego zaćmienia Słońca z dnia 12 sierpnia 1654 roku, wydana przez Erharda Weigela (1625-1699). Obok niej współczesna symulacja ukazująca niezwykle dokładność obliczeń dawnych astronomów

Rozwój mechaniki nieba oparty o prace Keplera i Newtona spowodował gwałtowny wzrost precyzji przewidywania zaćmień. W 1680 roku angielski astronom, założyciel obserwatorium w Greenwich, John Flamsteed (1646-1719), podał metody rachunkowe pozwalające wyznaczać daty i miejsca kolejnych zaćmień Słońca. Zaćmienie z dnia 3 maja 1715 było pierwszym wcześniej obliczonym i przepowiedzianym z dokładnością do 4 minut, oraz pasem całkowitego zaćmienia wyznaczonym z dokładnością do 30 km. Dokonał tego angielski astronom Edmund Halley. Uczony obserwował je z Londynu, w którym faza całkowita trwała ponad 3,5 minuty. W XIX wieku koronę słoneczną, uprzednio braną przez niektórych astronomów za dowód na posiadanie atmosfery przez Księżyc, prawidłowo uznano za element budowy Słońca.



Mapa Edmunda Halleya ze ścieżką całkowitego zaćmienia Słońca z dnia 3 maja 1715 roku

W 1851 roku wykonano pierwszy dagerotyp całkowitego zaćmienia Słońca. W dniu 18 sierpnia 1868 roku spektroskopowe obserwacje zaćmienia Słońca przeprowadzone przez francuskiego astronoma Julesa Janssena (1824-1907) i, niezależnie od niego, angielskiego uczonego Normana Lockyera (1836-1920), wykazały istnienie prążka w widmie słonecznym, który nie pasuje do żadnego ze znanych pierwiastków. W ten sposób doszło do odkrycia helu, drugiego co do zawartości we Wszechświecie pierwiastka, który na Ziemi występuje tylko w znikomej ilości.



Karta z „Kanonu zaćmień” Theodora von Oppolzera z wykreślonymi zaćmieniami Słońca dla lat 1985-2008



W 1887 roku ukazuje się epokowe dzieło „Kanon zaćmień” autorstwa austriackiego astronoma Theodora von Oppolzera (1841-1886), w którym przedstawił obliczone przez siebie parametry i efemerydy ośmiu tysięcy zaćmień Słońca i ponad pięciu tysięcy zaćmień Księżyca za okres od 1207 roku p.n.e. do roku 2163. Zaćmienie z 29 maja 1919 roku zyskało sławę dzięki obserwacjom Arthura Eddingtona (1882-1944). Uczony, podczas ekspedycji na Wyspę Książęcą na Oceanie Atlantyckim, zaobserwował ugięcie promieni świetlnych odległej gwiazdy przy krawędzi słonecznego dysku, co w spektakularny sposób potwierdziło ogólną teorię względności, opublikowanej trzy lata wcześniej przez Alberta Einsteina (1879-1955). W 1930 roku francuski astronom i optyk Bernard Lyot Ferdinand (1897-1952) konstruuje pierwszy koronograf, dzięki któremu koronę słoneczną można badać przez cały rok z dowolnego miejsca na Ziemi. Od tej pory maleje naukowe znaczenie ekspedycji zaćmieniowych.

W 1962 roku rozpoczyna pracę największy teleskop słoneczny zlokalizowany na górze Kitt Peak w Stanach Zjednoczonych. Początek ery podboju kosmosu i kolejne misje sond kosmicznych przeznaczonych do obserwacji Słońca (min. Pioneer, Helios, stacja orbitalna Skylab, Solar Maximum Mission, SOHO, SDO, STEREO) wprowadziły heliofizykę na zupełnie nowe pola aktywności.



Ogłoszenie odkrycia Arthura Eddingtona w londyńskiej prasie 22 listopada 1919 roku

## Niezwykła kosmiczna koincydencja

Nie omówiliśmy dotychczas bliżej warunków geometrycznych, które prowadzą do powstania zaćmienia Słońca. Najpierw jednak trzeba zwrócić uwagę na fakt niezwyklego zbiegu okoliczności, dzięki któremu Księżyc jest tyle samo od Słońca mniejszy, ile razy jest bliżej Ziemi (ma średnicę około 400 razy mniejszą niż Słońce, jest też tyle razy bliżej nas). Sprawia to, że jego kątowne rozmiary na ziemskim niebie są bardzo zbliżone do słonecznych. Zaćmienie Słońca zachodzi tylko i wyłącznie podczas nowiu, a więc w chwili kiedy Księżyc znajduje się dokładnie pomiędzy naszą planetą i gwiazdą centralną Układu Słonecznego. Na niebie staje się wtedy niewidoczny, ale po 1-2 dniach można go znów dostrzec tuż po zachodzie Słońca w postaci wąskiego sierpa. Gdyby orbita naszego satelity leżała w płaszczyźnie ekliptyki (orbity ziemskiej), zaćmienia Słońca i Księżyca zdarzałyby się regularnie co miesiąc, a dokładniej odpowiednio co każdy now i każdą pełnię. W związku jednak z nachyleniem orbity Srebrnego Globu do płaszczyzny ekliptyki pod kątem około 5 stopni, do zaćmień najczęściej nie dochodzi, gdyż albo stożek cienia satelity ominie naszą planetę, albo analogicznie stożek cienia Ziemi przejdzie obok Księżyca.



Warunki powstawania zaćmień Słońca i Księżyca,  $w_1$  i  $w_2$  - węzły księżycowej orbity

Do opisu warunków zachodzenia zaćmień ważne jest też pojęcie węzłów orbity, czyli punktów jej przecięcia z płaszczyzną odniesienia. W naszym przypadku chodzi o punkty przecięcia orbity księżycowej z ekliptyką. Przejście Księżyca przez jeden z węzłów, przy odpowiedniej fazie satelity, prowadzi do ustawienia się trzech ciał dokładnie w jednej linii. W wypadku zaćmienia Słońca wierzchołek stożka księżycowego cienia pada wtedy na Ziemię, a jeśli w wybranym miejscu trwa dzień, można obserwować nasuwanie się dysku Srebrnego Globu na tarczę słoneczną. W związku z ruchem Księżyca i obrotem Ziemi wokół osi, powstaje na jej powierzchni pas zaćmienia całkowitego o długości nawet do około 14000 km. W sprzyjających warunkach, gdy Księżyc jest w perygeum, może mieć on szerokość nawet 273 km.



Zmiana rozmiarów kątowych Księżyca i Słońca na ziemskim niebie dla opisanych w tekście punktów perygeum/apogeum (Ziemia-Księżyc) oraz peryhelium/aphelium (Ziemia-Słońce)

Czas trwania fazy całkowitej zaćmienia uzależniony jest od odległości pomiędzy Ziemią i Księżycem, aktualnego położenia Ziemi na orbicie wokół Słońca, a także odległości danego miejsca od środka pasa zaćmienia całkowitego. Aby zaćmienie było długie, Księżyc w pełni powinien znajdować się w pobliżu perygeum wokółziemskiej orbity (punkcie najbliższym naszej planety), a Ziemia w pobliżu aphelium (punkcie orbity najdalszym od gwiazdy centralnej). Dzięki temu rozmiary kątowe satelity będą większe od słonecznych. Analogicznie najkrótsze zaćmienia całkowite (lub wręcz tylko obrączkowe) zachodzą, gdy Księżyc w pełni znajduje się w pobliżu apogeum, a Ziemia w peryhelium. Teoretycznie obliczono, że najdłuższe możliwe zaćmienie Słońca może trwać nawet 7 minut i 32 sekundy, choć kilku szczęśliwcom z Francji, Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych, którzy w 30 czerwca 1973 roku wsiedli na pokład naddźwiękowego samolotu pasażerskiego Concorde 001, udało się lecieć wraz ze stożkiem cienia i obserwować fazę całkowitą przez aż 74 minuty!



Cień Księżyca na powierzchni Ziemi sfotografowany z pokładu stacji MIR, podczas zaćmienia Słońca z dnia 11 sierpnia 1999 roku

Zaćmienie Słońca rozpoczyna się I kontaktem, czyli zetknięciem się tarczy Księżyca z tarczą Słońca. Od tej pory zaczyna się zaćmienie częściowe, podczas którego satelita „pochłania” stopniowo coraz większy fragment gwiazdnego dysku. Gdy tarcza Księżyca przesłoni całkowicie Słońce, stykając się z jego przeciwległą krawędzią, II kontakt rozpoczyna fazę całkowitą. III kontakt następuje, gdy tarcza Księżyca zaczyna schodzić ze słonecznej, co rozpoczyna znowu fazę zaćmienia częściowego, tym razem stopniowo odsłaniającego coraz większy fragment Słońca. W momencie IV kontaktu tarcza Srebrnego Globu całkowicie odkrywa Słońce, czym kończy całe zjawisko. W zależności od warunków czas trwania całego zaćmienia Słońca, włączając wszystkie fazy od I do IV kontaktu, trwa około 3 godzin.

## **Całkowite, obrączkowe, częściowe, hybrydowe...**

Rodzaj zaćmienia wynika wprost z jego geometrii. W praktyce kluczowe jest położenie wierzchołka stożka cienia i strefy półcienia rzucanych przez Księżyc. Gdy wierzchołek ów trafia w Ziemię i wypada pod jej powierzchnią (w praktyce nawet do kilkunastu tysięcy kilometrów za nią) oznacza to, że w danym miejscu na powierzchni planety można obserwować zaćmienie całkowite. Im głębiej wypada wierzchołek cienia, tym szerszy jest pas całkowitości, a co za tym idzie czas trwania zaćmienia całkowitego. Zaćmienie częściowe obserwuje się w dwóch przypadkach. Pierwszym są obszary położone po obu stronach pasa zaćmienia całkowitego, obrączkowego lub hybrydowego. Drugi przypadek dotyczy zaćmienia częściowego, kiedy stożek cienia w ogóle nie trafia w naszą planetę. Na Ziemi obserwujemy wtedy tylko zaćmienie częściowe. Zaćmienie to ma tylko dwa kontakty. Pierwszy, gdy Księżyc pojawia się na tarczy Słońca, drugi gdy z niej schodzi. W przypadku zaćmienia obrączkowego zachodzi ciekawy przypadek, kiedy wierzchołek księżycowego cienia wypada ponad powierzchnią Ziemi. Wtedy tarcza Księżyca nie jest w stanie zasłonić w całości Słońca, co obserwujemy jako jasną obrączkę z mniej lub bardziej centralnie położonym czarnym dyskiem Księżyca.



Geometria głównych rodzajów zaćmień Słońca

W przypadku zaćmień obrączkowych zmienia się opis sekwencji kolejnych kontaktów. W związku z tym, że tarcza Księżyca ma mniejsze rozmiary od słonecznej, II kontakt następuje w momencie, gdy

w całości znajdzie się ona wewnątrz tarczy Słońca. Zaćmienia hybrydowe, zwane też obrączkowo-całkowitymi, występują najrzadziej ze wszystkich. W ich geometrii istotną rolę odgrywa kulistość Ziemi. To ona sprawia, że w centralnych rejonach pasa zaćmienia całkowitego rozmiary Księżyca pozwalają jeszcze na pełne zakrycie Słońca (wypukłość globu ziemskiego sprawia, że satelita jest bliżej nas), natomiast na skraju pasa są już zbyt małe i obserwuje się zaćmienie obrączkowe (satelita jest dalej). Charakterystyczną cechą tych zaćmień jest krótki czas trwania fazy całkowitej, co spowodowane jest faktem, że wierzchołek księżycowego cienia praktycznie tylko muska powierzchnię Ziemi.



Rodzaje zaćmień, od lewej: całkowite, częściowe, obrączkowe

## Zaćmieniowa biżuteria

Obserwator zaćmień powinien być przygotowany i czujny, aby zarejestrować kilka charakterystycznych detali, które nadają im dodatkowego kolorytu. Wspomnieliśmy już wcześniej o słonecznej koronie, która najlepiej prezentuje się szczególnie w latach niskiej aktywności gwiazdy. Tworzy ona zazwyczaj nieregularny, postrzępiony i często bardzo rozległy wachlarz wokół słonecznego dysku, który doskonale prezentuje się zwłaszcza na specjalnie preparowanych fotografiach. W latach aktywnego Słońca korona jest przeważnie o wiele mniej spektakularna, będąc raczej regularną otoczką o znacznie mniejszej rozpiętości.



Korona słoneczna podczas lat niskiej (po lewej) i wysokiej (po prawe) aktywności gwiazdy

Tuż przed II kontaktem następuje gwałtowny spadek jasności nie tylko zakrywanego Słońca, ale także nieba i całego otoczenia w miejscu obserwacji. Zanim jednak tarcza słoneczna skryje się za Księżycem, na krótką chwilę pojawia się tzw. diamentowy pierścień, czyli ostatni błysk promieni słonecznych. Ten wyjątkowej urody kosmiczny klejnot jest wyczekiwany przez wielu obserwatorów, chcących uwiecznić go na fotografii. Zdarzało się nawet, że panowie z wyjątkowo bogatymi pokładami astronomicznego romantyzmu, oświadczały się podczas tej chwili swojej zupełnie zaskoczony wybrance (trzeba byłoby mieć serce z kamienia, żeby takich oświadczyń nie przyjąć), wręczając jej ziemski odpowiednik klejnotu. Diamentowy pierścień pojawia się dwukrotnie - podczas początku i końca fazy całkowitej zaćmienia (tuż po III kontakcie).



Diamentowy pierścień

Gdy nachodząca tarcza Księżyca „ociera się” o brzeg tarczy słonecznej, wtedy podczas fazy całkowitej światło od gwiazdy przedostaje się ku naszym oczom pomiędzy nierównościami na powierzchni Srebrnego Globu. Obserwujemy wtedy mieniący się pierścień z jaśniejszymi punktami, przypominającymi korale lub naszyjnik z pereł. Zjawisko to jako jeden z pierwszych wyjaśnił angielski astronom Francis Baily (1774-1844) podczas zaćmienia z dnia 15 maja 1836 roku. Od jego nazwiska dziś określamy je mianem pereł Baily'ego. Co ciekawe, ponad sto lat wcześniej Edmund Halley zaobserwował i opisał to samo zjawisko (podczas zaćmienia z 3 maja 1715 roku) poprawnie sugerując, że musi to być spowodowane przeświecaniem pomiędzy księżycowych kraterów i gór.



Perły Baily'ego (fot. Bruce Fraser)



Kolekcję słonecznych precjozów uzupełniają pióropusze materii uwięzione w liniach słonecznego pola magnetycznego. Mowa o protuberancjach, które stają się również widoczne podczas fazy całkowitej zaćmienia, w normalnych warunkach ginąc w oślepiającym blasku fotsfery. Do ich obserwacji wymagana jest lornetka lub teleskop, pod warunkiem że odpowiednio zabezpieczymy wzrok. Tylko największe protuberancje mogą być dostrzegalne bez przyrządu optycznego. Mają one rozmiary często wielokrotnie przewyższające wielkość naszej planety. Jeśli uwolniona z protuberancji materia zostanie, jak z procy, wystrzelona w kierunku Ziemi, po kilku dniach można spodziewać się intensywnych zórz polarnych i zakłóceń ziemskiego pola magnetycznego.



Protuberancje

## Polacy nie gęsi i swoje zaćmienia... mieli

W ponad tysiącletniej historii Polski całkowite zaćmienia Słońca (wyłączając obrączkowe) miały miejsce 17 razy. Chronologicznie były to zaćmienia z dnia (w nawiasie podano wybrane większe miasta i miasteczka, które objął stożek cienia):

- 20 marca 1140 (Słupsk, Władysławowo, Hel)
- 4 września 1187 (Gdańsk, Olsztyn, Warszawa, Białystok, Lublin, Lwów)
- 26 czerwca 1321 (Włocławek, Leszno)
- 16 czerwca 1406 (Szczecin, Kołobrzeg, Świnoujście)
- 7 czerwca 1415 (Wrocław, Katowice, Kraków, Łódź, Kielce, Warszawa, Lublin, Białystok, Wilno)
- 26 czerwca 1424 (Szczecin, Poznań, Toruń, Częstochowa, Łódź, Warszawa, Lublin, Lwów)
- 16 marca 1485 (Zakopane, Stryj, Tarnopol)
- 24 stycznia 1544 (Olsztyn, Płock, Sieradz)
- 12 sierpnia 1654 (Słupsk, Gdańsk, Olsztyn, Siedlce, Biała Podlaska)
- 23 września 1699 (Świnoujście, Piła, Radom, Zamość, Tarnopol)
- 12 maja 1706 (Gdańsk, Poznań, Toruń, Wrocław)
- 13 maja 1733 (Władysławowo, Hel, Braniewo)
- 19 listopada 1816 (Słupsk, Bydgoszcz, Włocławek, Łódź, Warszawa, Rzeszów)
- 8 lipca 1842 (Zakopane, Rzeszów, Przemyśl, Lwów)
- 28 lipca 1851 (Gdańsk, Olsztyn, Warszawa, Białystok, Lublin, Tarnopol)
- 19 sierpnia 1887 (Gorzów Wielkopolski, Poznań, Bydgoszcz, Toruń, Olsztyn, Suwałki, Wilno)
- 30 czerwca 1954 (Suwałki, Sejny)

Jak widać z przytoczonych dat, wyjątkowym szczęściem do zaćmień mogą poszczycić się mieszkańcy nadbałtyckiej Polski, przez którą aż dziesięć razy przechodził pas całkowitego zaćmienia. Również centralne rejony kraju nie powinny czuć się tu specjalnie poszkodowane. Jak łatwo się domyślić, powyższa lista dotyczy tylko obszaru ograniczonego od północy brzegiem Bałtyku, od zachodu Odrą, od południa pasmem Sudetów i Karpat, a od wschodu granicami sprzed II wojny światowej (Kresy). Gdyby jednak uwzględnić historyczne zmiany terytorialne będące wynikiem wojen, unii i innych traktatów, jak chociażby epokę największego rozkwitu i zasięgu granic państwa w epoce kazimierzowskiej i jagiellońskiej („Polska od morza do morza”), poszerzyłoby to z pewnością powyższą listę o dodatkowe zjawiska.

Z wczesnych przekazów historycznych uwagę przykuwa całkowite zaćmienie Słońca z 7 czerwca 1415 roku, które w późniejszej relacji Jana Długosza (1415-1480) miało zaskoczyć Władysława Jagiełłę (1362-1434) podczas jego podróży na Litwę:

(...) *W piątek po Oktawie Bożego Ciała, o trzeciej godzinie, w godzinie pacierzy Tercją zwanych,*

*wielkie zaćmienie Słońca się objawiło, które jako zjawisko niespodziewane i nieznanne Króla Władysława i wszystkich, którzy z nim jechali w pierw w wielkie zdumienie, a potem w bojaźń zabobonną wprawiło. Tak bowiem było wielkie, że ptaki nagłą ciemnością przestraszone na ziemi osiadły, a gwiazdy świeciły jak w nocy; tenże Król Władysław z powodu ciemności zmuszony był się zatrzymać i nie wcześniej mógł ruszyć naprzód, aż zaćmienie Słońca nie minęło. (..)*

Zaćmienia Słońca, choć tylko częściowe, obserwowali też Mikołaj Kopernik (1473-1543) i Jan Heweliusz (1611-1687). Pierwszy z nich pozostawił krótkie zapiski, które kreślił w studiowanych w tym czasie książkach. Dotyczyły one zaćmień częściowych 29 marca 1530, 18 czerwca 1536, 18 kwietnia 1539, 7 kwietnia 1540 i 21 sierpnia 1541 roku, które widoczne były z siedziby astronoma we Fromborku. Podobne szczęście miał gdański astronom, któremu obserwację całkowitego zaćmienia z 1654 roku uniemożliwiły chmury, które zasłoniły całe niebo w chwili, gdy słoneczny dysk był mniej więcej w połowie zakryty przez Księżyc. Wcześniej uczony obserwował też zaćmienia częściowe 1 czerwca 1639, 8 kwietnia 1650, a później 30 marca 1661 roku, za każdym razem wyznaczając momenty początku i końca zjawiska.



Dokumentacja zaćmienia Słońca z dnia 12 sierpnia 1964 roku, wykonana przez Jana Heweliusza

Dnia 5 września 1793 roku, w trudnej sytuacji politycznej królestwa podczas burzliwego sejmku grodzieńskiego, dwór Stanisława Augusta Poniatowskiego wybrał się do Augustowa, aby obserwować zaćmienie obrączkowe Słońca. Królowi asystowali wtedy astronomowie Jan Śniadecki (1756-1830), założyciel Obserwatorium Krakowskiego, oraz Marcin Odlanicki Poczobut (1728-1810) z Obserwatorium Wileńskiego.



Adam Prazmowski (1821-1885)

Niezwykle ważne jest przypomnienie działalności innego polskiego astronoma, który w naszym kraju (będącym wtedy pod zaborami) dał początek badaniom heliofizycznym, a ogólniej astrofizycznym. Mowa o Adamie Prazmowskim (1821-1885), który poza rozległą wiedzą teoretyczną, był też świetnym konstruktorem przyrządów naukowych. Obserwacja całkowitego zaćmienia Słońca w 1851 roku (uczony przebywał wtedy w Wysokim Mazowieckim) skłoniła go do zbudowania przyrządu do pomiarów polaryzacji korony słonecznej. Poglądy na jej naturę były wtedy różne. Jedni uważali ją za przejaw atmosfery Księżyca, inni twierdzili nawet, że Słońce jest czarną kulą otoczoną gorącą koroną (plamy słoneczne miały być przerwami w koronie, przez które widać ów czarny glob). Prazmowski przypuszczał z kolei, że korona świeci światłem odbitym od Słońca i gdyby miał rację, jej światło byłoby spolaryzowane. Aby zweryfikować swoją hipotezę uczony zorganizował ekspedycję zaćmieniową do Hiszpanii (18 lipca 1860), gdzie za pomocą zaprojektowanego przez siebie polarymetru stwierdził polaryzację światła korony, a więc że świeci ona światłem pochodzącym od Słońca. Sam zainteresowany pisał:

*(...) Dla wyznaczenia kierunku płaszczyzny polaryzacji światła korony słonecznej użyłem lunety z okularzem ziemskim o powiększeniu 22-krotnym. We wspólnym ognisku obiektywu i okularu umieściłem obracalną płytkę z kwarcu nieco zabarwioną. Również obracalny pryzmat Nicola został zamontowany pomiędzy pierwszą a drugą soczewką okularu. Nie wpływało to na ostrość obrazów lunety. Jak w polaryskopie Arago, pole widzenia było podzielone na dwa barwne odcinki. Zabawienie to powinno zniknąć, gdy linia podziału pola widzenia odpowiadała płaszczyźnie polaryzacji światła. W czasie zaćmienia całkowitego naprowadziłem Księżyc na środek pola widzenia. Wystąpiły żywe uzupełniające się barwy: czerwona i zielona. Ponieważ obrót pryzmatu Nicola w okularze dokoła jego osi nie dał żadnej zmiany barwy, światło korony słonecznej było więc światłem*

*słonecznym odbitym pod kątem 45° od cząsteczek gazowych, spolaryzowanym w płaszczyźnie prostopadłej do profilu Księżyca. (...)*

Jakby tego było mało, podczas tej samej ekspedycji naukowiec zauważył też brak polaryzacji światła protuberancji, co było dowodem na to, że świecą one samoistnie. Prace polskiego astronoma odbiły się szerokim echem wśród współczesnych mu badaczy natury naszej Gwiazdy Diennej.



Pierwszy w historii dagerotyp zaćmienia Słońca autorstwa Johanna Juliusa Friedricha Berkowskiego

Zjawisko z dnia 28 lipca 1851 roku, poza inspiracją dla późniejszych sukcesów Adama Prażmowskiego, było też okazją wykonania pierwszego dagerotypu zaćmionego Słońca i jego korony. Dokonał tego prawdopodobnie nasz rodak (przynajmniej sądząc po nazwisku) Johann Julius Friedrich Berkowski (1810-1892), który wraz z odpowiednim ekwipunkiem obserwował je będąc w progach Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w pruskim wtedy Królewcu (Königsberg). Fotografię naświetlaną przez 84 sekundy wykonał za pomocą 6 cm refraktora zamocowanego na 16 cm heliometrze Fraunhofera. Zaćmienie obserwowano także z okolic Rozewia, Gdańska (na Biskupiej Górze) i Sopotu, Fromborka, Malborka, Kętrzyna, Węgorzewa, Giżycka, Łomży, Ostrołęki, Serocka i Zambrowa. W Warszawie, w której zaćmienie obserwowały zebrane na ulicach tłumy mieszkańców, również wykonano jego dagerotypy. Ich autorem był Karol Beyer (1818-1877). Ciekawostką jest fakt, że zaćmienie spowodowało do naszego kraju wielu wybitnych astronomów tamtego okresu. Ich nazwiska mówią same za siebie: Carl Frederik Fearnley (1818-1890), August Ludwig Busch (1804-1855), Otto Wilhelm von Struve (1819-1905), a także Johann Gottfried Galle (1812-1910), który pięć lat wcześniej odkrył planetę Neptun. Zachowały się też zapiski Polaków będących w tym czasie poza krajem - astronom Marian Kowalski (1821-1884) obserwował zaćmienie na Zaporozżu, geodeta Józef Chodźko (1800-1881) widział je w Osetii, a Telesfor Szpadkowski (1817-1903), budowniczy gubernialny miasta Warszawy, był jego świadkiem w Dagestanie.



Zaćmienie z 1851 roku z widokiem na Biskupią Górkę w Gdańsku. Obok zaćmionego Słońca widoczny Merkury (róg po lewej) i Wenus (na prawo), litografia z atlasu Karla von Littrowa (1811-1877)

Zaćmienie z dnia 19 sierpnia 1887 stało się inspiracją dla Bolesława Prusa (1847-1912), który zachwycony wrażeniami jakie wywołuje zmrok podczas dnia, osiem lat później umieścił opis zjawiska w słynnej powieści historycznej „Faraon”. Pomimo pochmurnego nieba w Mławie, gdzie wtedy przebywał, uniemożliwiającego bezpośrednią obserwację, pisarz w dwa dni po nim opublikował felieton w „Kurierze Codziennym”, w którym czytamy:

*(...) Wy ludzie dobrzy nie sądźcie, że zupełne zaćmienie słońca, nawet przy dniu pochmurnym, należy do tuzinkowych zjawisk. Ja także je widziałem w biednej Mławie przy chmurach, a owe półtorej minuty, przez które trwało, uważam za najszcześniejszą chwilę w moim życiu. I jeżeli kiedy to w tym wypadku zrozumiałem dawny aforyzm, że kto chce poznać i od czuć naturę w jej cudach, musi przede wszystkim umieć czuć i patrzeć. W przeciwnym razie lepiej robi, nie podnosząc się na czas zaćmienia od stolika, na którym „śrubują winta”. (...)*

Opis tego samego zaćmienia podał również Stefan Żeromski (1864-1925), który obserwował je będąc w Szulmierzu, około 10 km na północ od Ciechanowa. Tam ku jego szczęściu panowała dobra pogoda. W swoich „Dziennikach” pisze:

*(...) Wreszcie nadeszła chwila, że nastąpiła ciemność absolutna i taka, że nie widać było nic o cztery*

*kroki. Bydło idące na pole zaczyna ryczeć i zawracać do domu, na wsi pieją koguty, gwałtowny wichur obraca ramiona wiatraka z gwałtownością, szare obłoki nabierają barwy popiołu, później stają się brudnoczarnymi, wreszcie czarnymi jak sadze. Tę nieprzejrzaną ciemność, jaka piorunem spadła na cały widnokrąg, przeszywa ostry śpiew, zmieszany z płaczem: to kobiety wiejskie śpiewają przed figurą Matki Boskiej. Co jednak było najwspanialsze, to to, że gdy na całej północno-wschodniej stronie panowała nieprzejrzana ciemność – w stronie Warszawy było najzupełniej jasno. Szulmierz leży na granicy pasa zaćmienia. Ale oto – po upływie 45 sekund światło wraca... Straszliwe, fantastyczne przedstawienie! Piekielnie drżą nerwy, gdy na taką straszną przestrzeń – w ciągu jednej sekundy upada nie przejrzana noc. Nieoszacowana szkoda, że nie widać było fenomenu całego – przepadł widok korony słonecznej, gwiazd etc. (...)*

Przed II wojną światową polscy astronomowie (w tym min. Tadeusz Banachiewicz, Stanisław Struzik, Stanisław Szeligowski, Kazimierz Kordylewski, Edward Stenz, Eugeniusz Rybka, Stanisław Andruszewski, Józef Witkowski, Włodzimierz Zonn, Stefan Piotrowski, Tadeusz Olczak, Fryderyk Koebcke), organizowali również zagraniczne ekspedycje do miejsc, gdzie miało dojść do całkowitego zaćmienia Słońca. Wystarczy wymienić zjawiska z dnia 29 czerwca 1927 roku do Laponii w Szwecji, 1 sierpnia 1932 roku w USA, 19 czerwca 1936 do Grecji, Syberii i Japonii. Bardzo ciekawym pomysłem na wykorzystanie zaćmień Słońca w pomiarach geodezyjnych, była idea Tadeusza Banachiewicza. Uczony rozumował, aby w przypadku zaćmień przebiegających na kilku kontynentach wyznaczyć możliwie dokładnie momenty II i III kontaktu (początku i końca fazy całkowitej), co pozwoliłoby obliczyć odległość pomiędzy kontynentami z dokładnością do kilkudziesięciu metrów.



Polska ekspedycja zaćmieniowa do Laponii i chronokinematograf, który posłużył do badań szeregu kolejnych zaćmień (fot. J. M. Kreiner)

Ostatnie całkowite zaćmienie Słońca obserwowane było z obszaru Polski w dniu 30 czerwca 1954 roku. W związku z tym, że zaczęło się w Ameryce Północnej, po czym powędrowało do Europy, a niej do Azji, nazwano je zaćmieniem trzech kontynentów. Pas całkowitego zaćmienia przebiegał w rejonie Suwalszczyzny, dokąd udała się rzesza nie tylko profesjonalistów, ale też i miłośników astronomii. Zawodowcom podzielonym na kilka grup obserwacyjnych (Suwałki, Sejny, Wizajny, Trakisзки i Ogrodniki) przewodził Eugeniusz Rybka, a znaczne grono astronomów uzupełniali min. Jan Gadowski, Józef Witkowski, Jan Mergentaler, Kazimierz Kordylewski, Konrad Rudnicki, Maciej Bielicki, Antoni Rybarski, Wojciech Krzemiński i Tadeusz Przypkowski. Pogoda tego dnia była bardzo zmienna i utrudniała prowadzenie obserwacji. Mimo tego, zbierając i kompletując materiał ze wszystkich stacji, udało się udokumentować przebieg zjawiska. Grupa uczonych z Torunia i Wrocławia, pod kierownictwem Wilhelminy Iwanowskiej, wyjechała w rejon północnego Kaukazu w ówczesnym ZSRR (dziś Rosja), jednak wyjątkowo zła pogoda uniemożliwiła tam jakiegokolwiek obserwacje. Zaćmienie z 1954 roku było też pierwszym w Polsce zjawiskiem śledzonym z pokładu samolotu. Brak doświadczenia w tego typu obserwacjach, drgania i porywy strumienia powietrza na wysokości ponad 5 km, spowodowały, że zrealizowano tylko część zaplanowanych wcześniej obserwacji. Warto dodać, że z pomocą dwóch anten radiowych w obserwatorium Fort Skała pod Krakowem, przeprowadzono tego dnia pierwsze w kraju radioastronomiczne obserwacje zaćmienia Słońca.



Suwałki przed, w trakcie i po zaćmieniu Słońca z dnia 30 czerwca 1954 roku na fotografiach Tadeusza Przypkowskiego

Najbliższe całkowite zaćmienie Słońca w naszym kraju będziemy mogli obserwować dopiero 7



października 2135 roku, natomiast obrączkowe 13 lipca 2075 roku. Dla większości czytających te słowa nie pozostawiają one złudzeń, co do realnych możliwości ich obserwacji. Ale nie ma co załamywać rąk, tylko już dziś wpisać w wakacyjny grafik wyjazd do Hiszpanii lub północnej Afryki (Maroko, Algieria, Tunezja, Libia, Egipt) na dwa całkowite zaćmienia Słońca, które będą tam miały miejsce 12 sierpnia 2026 i 2 sierpnia 2027 roku. Fascynujące będzie szczególnie to drugie, gdyż w samym środku pasa znajdują się starożytne Luksor i Teby, z jednymi z najwspanialszych zabytków cywilizacji egipskiej – świątynią Hatszepsut, świątynią w Karnaku, kolosami Memnona, czy świątynią Ramzesa III. Dla tych, którzy się tam wybiorą, może to być symboliczne zmaterializowanie się cytowanej na początku tego eseju, literackiej wizji Bolesława Prusa. Zważywszy na wysokie prawdopodobieństwo doskonałej pogody i względną łatwość w dotarciu do rejonu pasa zaćmienia całkowitego, nadarza się doskonała okazja do spełnienia marzeń o samodzielnej obserwacji rzadkiego fenomenu przyrody.

## Całkowite zaćmienie Słońca 21 sierpnia 2017 roku

Już pierwszy rzut oka na mapę przebiegu stożka cienia tegorocznego zaćmienia, daje do zrozumienia, że jest ono niezwykle i nie bez powodu zyskało miano Wielkiego Zaćmienia Ameryki (The Great American Eclipse). Przebiega równoleżnikowo przez praktycznie całe Stany Zjednoczone, od stanu Oregon przez Idaho, Wyoming, Nebraskę, Kansas, Iowa, Missouri, Kentucky, Tennessee, Georgię, aż do Północnej i Południowej Karoliny. Pora roku dobrze rokuje odnośnie pogody, która przy odrobinie szczęścia powinna dopisać na większej części pasa zaćmienia całkowitego. Blisko jego środka znajduje się stolica muzyki country Nashville, gdzie bez wątpienia można się spodziewać licznych pielgrzymek o zupełnie różnym od muzycznego charakterze. Inne większe miasta w pasie to Salem, Kansas City, Saint Louis, Charleston, a we względnej bliskości strefy całkowitego zaćmienia znajdują się Portland, Salt Lake City, Denver, Oklahoma City, Memphis, Atlanta i Charlotte.



Amerykańska część pasa zaćmienia całkowitego z dnia 21 sierpnia 2017 roku

Sierpniowe zaćmienie będzie 22. zjawiskiem w ramach Saros 145. Co ciekawe, 21. zaćmieniem tego cyklu było wspomniane na początku tego eseju zaćmienie w Rumunii w 1999 roku. Szerokość pasa zaćmienia wyniesie tylko 115 km, w związku z czym faza całkowita będzie trwać maksymalnie 2 minuty i 41 sekundy. Chętni do wzięcia udziału w ekspedycji w ramach zorganizowanej grupy muszą się spieszyć ze względu na kończące się miejsca, a także ograniczony czas potrzebny na załatwienie niezbędnych dokumentów, z biletem lotniczym i amerykańską wizą łącznie. Dlatego też zapisy do grup zaćmieniowych prowadzone były już rok temu, kiedy istniała szansa na kupno znacznie tańszych biletów. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby do Stanów Zjednoczonych wybrać się samemu lub w gronie najbliższych przyjaciół. Tam po wynajęciu większego samochodu można spokojnie ruszyć w dalszą drogę. Trzeba jednak pamiętać, że ze względu na duże zainteresowanie zjawiskiem, aktualnie wysokie ceny biletów lotniczych i ich ograniczona dostępność mogą być dla wielu portfeli dużym wyzwaniem. Co do samego zaćmienia, wielu obserwatorów wybierze zapewne spokojne i mało zaludnione obszary położone z dala od dużych aglomeracji. Dla wielu gości z zagranicy podróż na kontynent amerykański będzie też zapewne okazją spędzenia dłuższego urlopu połączonego ze zwiedzaniem wspaniałych i licznych atrakcji przyrodniczych kraju.

## Jak i co obserwować?

Zasady obserwacji zaćmień Słońca są podobne jak w przypadku tranzytów Merkurego i Wenus. Wokół tej kwestii narosło jednak wiele nieporozumień i przejawów. Czytamy więc, że patrzenie na zaćmione Słońce może spowodować uszkodzenie lub utratę wzroku. Jest w tym racja, o ile obserwujemy je bez zabezpieczenia podczas fazy częściowej lub gdy zaćmienie jest obrączkowe. W



tych przypadkach dociera do naszych oczu jego wciąż oślepiający blask. Ale i tutaj trzeba wyjątkowego samozaparcia, żeby pomimo rażącego światła nadal z uporem maniaka nie zakrywać wzroku. Podczas fazy częściowej należy więc założyć specjalne okulary zaćmieniowe, a w przypadku obserwacji za pomocą teleskopu, który zwiększa ilość dochodzącego do oka światła, wyposażyć go w odpowiednio silny filtr lub, po zamontowaniu specjalnego ekranu, obserwować metodą projekcyjną. Podczas fazy całkowitej zaćmienia można je jednak spokojnie obserwować gołym okiem i delektować się widokiem diamentowego pierścienia, pereł Baily'ego, korony słonecznej, protuberancji i rzecz jasna rozgwieżdżonego nieba. Obserwatorzy znajdujący się na wyższych wzniesieniach mogą też spróbować zaobserwować zbliżający się z zachodniego kierunku cień Księżyca, który stopniowo ogarnia oddalone elementy krajobrazu.



Bezpieczne metody obserwacji zaćmienia Słońca, od lewej: okulary zaćmieniowe, projekcja na ekran, filtr obiektywowy

Warto też w miarę możliwości zwracać uwagę na zachowanie się przyrody, głównie ptaków i zwierząt domowych. Dla nich nagła noc w środku dnia jest czymś zupełnie niepojętym, stąd mogą wykazywać dziwne zachowania. Piszący te słowa, podczas zaćmienia w Turcji, widział przysiadające na ulicach i chodnikach wróble, które zaskoczone wolały przerwać lot i głośno do niedawna jeszcze ćwierkanie. W upalny dzień podczas fazy całkowitej temperatura może spaść nagle nawet o kilkanaście stopni. Zrywa się wiatr, co jeszcze potęguje atmosferę tajemniczości, a nawet grozy. Inne charakterystyczne zdarzenia to zapalanie się witryn i reklam sklepowych, które automatycznie reagują na zmrok. Podczas fazy częściowej wszelkie niewielkie otwory, przez które przedostaje się światło słoneczne (np. przerwy pomiędzy liśćmi drzew), stanowią naturalnej camera obscura, przez co w miejscu gdzie pada obraz widzimy pomniejszone obrazy zakrywanej tarczy słonecznej.



Zwielokrotniony obraz częściowo zaćmionego Słońca jako efekt camera obscura dzięki przerwom pomiędzy liśćmi

Wspaniałą pamiątką z obserwacji zaćmienia Słońca jest mozaika zdjęć przedstawiających rozwój zjawiska od I do IV kontaktu. Wykonuje się ją na nieruchomym statywie tak, aby zmieścić w kadrze początek fazy częściowej, w centrum kadru zaćmienie całkowite, oraz koniec całego zjawiska. Ostatecznego złożenia kilkunastu ekspozycji dokonuje się za pomocą programu komputerowego. Aby podkreślić walory estetyczne fotografii kadruje się ją tak, aby kolejne fazy zaćmienia ukazać na tle malowniczych elementów otoczenia – gór, jezior, formacji roślinnych, plaży. Niektórzy idą inną drogą, a mianowicie w ciągu dnia wykonują odpowiednio skadrowaną panoramę otoczenia, a w trakcie zaćmienia na dłuższej ogniskowej fotografują tylko tarczę słoneczną z zakrywającym ją Księżycem. Później, już w domowym zaciszu, dokonują złożenia wybranych klatek w pełną sekwencję przebiegu zjawiska i nanoszą ją na przygotowane wcześniej tło.

Wiele osób jeździ na zaćmienia traktując je jako hobby. Ich życie rodzinne i zawodowe podporządkowane jest rytmowi kolejnych zjawisk. Znajomość przyszłych zaćmień pozwala tak dopasować grafik pracy i innych obowiązków, aby mieć wystarczająco dużo czasu na zebranie niezbędnych funduszy, wymaganych dokumentów, przygotowanie zaćmieniowego ekwipunku. Można powiedzieć, że zaćmienia stały się dla nich sposobem na życie.

## **Zamiast zakończenia, czyli nic nie trwa wiecznie**

Fascynujący fenomen przyrody, jakim jest całkowite zaćmienie Słońca, niestety będzie miał kiedyś swój kres. Nie wydarzy się to jednak szybko, bo dopiero za około 560 milionów lat. Oddalający się

wciąż od Ziemi Księżyc (ok. 3,8 cm rocznie) będzie miał wtedy zbyt małe rozmiary kątowe, aby całkowicie zakryć tarczę słoneczną, nawet przy idealnych warunkach (Ziemia w aphelium, Księżyc w perygeum). W tym samym czasie Słońce również trochę się powiększy, co dodatkowo spotęguje niekorzystny z naszego punktu widzenia efekt. Ostatecznie więc, wszelkie zaćmienia całkowite staną się obrączkowymi i nie będzie od tego odwrotu. Nie ma się jednak czym przejmować, gdyż dla nas, ludzi XXI wieku, oraz mieszkańców Ziemi w przyszłych stuleciach i tysiącletniach, wciąż dane będzie podziwiać jeden z najwspanialszych cudów Matki Natury. To on, przez kilka minut fazy całkowitej, czyni z nas newralgiczny i niezmiernie ważny element tej astronomiczno-geometrycznej układanki. Ważny dlatego, że za pomocą zmysłów możemy świadomie napawać się widokiem spektakularnego kosmicznego zbiegu okoliczności, badać go, czerpać osobistą satysfakcję, szukać inspiracji, czy ładować wewnętrzne akumulatory na nadchodzący czas. Warto wykorzystać ten niewątpliwy przywilej i choć raz wybrać się do pasa całkowitego zaćmienia. Będzie to z pewnością jedno z najbardziej niezapomnianych wspomnień w naszym życiu.



Mozaika z całkowitego zaćmienia Słońca w Turcji z dnia 29 marca 2006 roku (fot. Stefan Seip)

Przemysław Rudź  
Departament Edukacji  
Polska Agencja Kosmiczna - Gdańsk