



GNOMON

najprostszy przyrząd astronomiczny

czyli jak przy użyciu zwykłego patyka nauczyć się
wielu rzeczy o otaczającym nas świecie

Marcin Egert

Polskie Towarzystwo Gnomoniczne

Wstęp

Jednym z najstarszych przyrządów astronomicznych jest z całą pewnością **gnomon**. Pod tą, wydaje się, skomplikowaną, nazwą nie kryje się nic innego jak zwykły kij lub pręt wbity pionowo w ziemię. Oficjalna, znana nam historia wykorzystania gnomonu sięga starożytnej Grecji. Z pism Herodota dowiadujemy się między innymi, że Grecy wiedzę o wykorzystaniu gnomonu przejęli od Babilończyków. Trudno jednak zakładać, że przyrząd tak prosty i tak potrzebny narodził się tylko w jednym miejscu. Bardziej prawdopodobne wydaje się, że odkrywany był wielokrotnie w różnych krajach i w różnych czasach. Cała idea zastosowania gnomonu sprowadza się do faktu, że rzuca on **cień**. Zarówno długość jak i kierunek tego cienia się zmieniają. Jakie to niesie konsekwencje i co oznacza, nasi przodkowie odkryli już dawno temu, a Ty, w najgorszym razie, dowiesz się z dalszej części tego tekstu. Pomimo że gnomon to przyrząd najprostszy z możliwych, można dzięki niemu zaobserwować bardzo wiele interesujących zjawisk i w praktyce poznać i zrozumieć to, o czym bardzo często uczymy się tylko teoretycznie. Mówiąc prościej, gnomon pozwoli nauczyć się wielu rzeczy o otaczającym Cię świecie, w szczególności o wzajemnym ruchu Ziemi i Słońca. Biorąc pod uwagę szerokie możliwości zastosowania, jak też olbrzymią prostotę, wydaje się, że jest to idealny przyrząd do nauki astronomii i geografii w szkole, klubie astronomicznym czy na kursie. Bez komputerów, teleskopów, drogich narzędzi możesz w prosty i przyjemny sposób „bawić się” astronomią.

Ćwiczenia z gnomonem

Aby rozpocząć „zabawę” z gnomonem, potrzebujesz przede wszystkim ustawionego pionowo gnomonu. Jeśli chcesz przeprowadzić zajęcia terenowe, to za gnomon może posłużyć np. prosty kij albo jakiś pręt. Jeśli jednak chcesz wszystko zrobić w nieco mniejszej skali, to proponuję po prostu wbić gwóźdź w jakąś deseczkę, którą możesz później ustawić na swoim tarasie lub balkonie. Musisz tylko sprawić, aby deseczka była ułożona poziomo, gwóźdź wbity pionowo oraz aby deseczka nie przesuwiała się w trakcie trwania obserwacji. Warto też na deseczkę nakleić kartkę w kratkę. Nie jest to konieczne, ale może ułatwić zaznaczanie punktów i dalsze prace.

Załóżmy, że masz już wszystko przygotowane. Od tej chwili cała „zabawa” polega na regularnej obserwacji położenia cienia (a dokładnie jego końca) w ciągu dnia, a później także w ciągu roku. No i oczywiście na późniejszej interpretacji otrzymanych wyników.

Pierwsze obserwacje

Twoje zadanie będzie polegało na wykonaniu serii obserwacji cienia rzucanego przez gnomon w ciągu dnia. W moim przykładzie jako dzień obserwacji wybrałem 20 kwietnia. Tylko dlatego, że akurat w kwietniu piszę ten artykuł. Jako miejsce wybrałem Łódź – miasto, w którym mieszkam.

Pierwszą obserwację najlepiej przeprowadzić wcześniej rano (tuż po wschodzie Słońca), ostatnią – tuż przed zachodem. Pomoże to w wyciągnięciu kilku dodatkowych wniosków – o czym jednak później.

Moja przykładowa, pierwsza obserwacja przeprowadzona została o godzinie 7:30 – czyli jakiś czas po wschodzie Słońca. Rysunek 1 pokazuje wynik takiej obserwacji, widziany z góry. Gnomon oznaczony jest podpisanym punktem.

Podobnym punktem zazaczyłem także koniec cienia i podpisałem, o której godzinie znajdował się właśnie w tym miejscu.



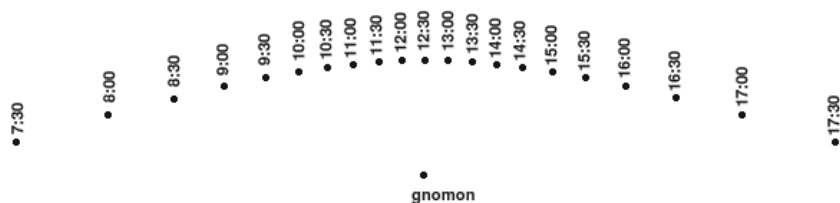
Rys. 1. Cień rzucany przez gnomon o godz. 7:30 – Łódź, 20 kwietnia

Obserwację dobrze jest prowadzić przez cały dzień, w odstępach, powiedzmy, półgodzinnych. Tak właśnie robiłem w moim przykładzie. O godzinie 8:00 sytuacja wyglądała tak jak na rysunku 2.



Rys. 2. Cień rzucany przez gnomon o godz. 8:00 – Łódź, 20 kwietnia

Kontynuując obserwację przez cały dzień i co pół godziny zaznaczając końcówkę cienia, otrzymałem następujący rezultat.



Rys. 3. Koniec cienia rzucanego przez gnomon w ciągu całego dnia – Łódź, 20 kwietnia

Kilka wniosków z pierwszych obserwacji

Południe lokalne

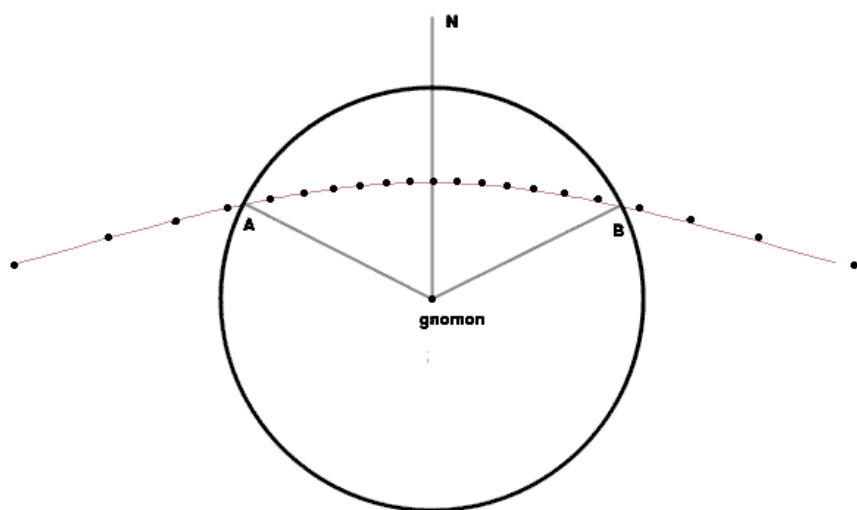
Jeśli przyjrzyysz się długości rzucanego cienia, zauważysz z pewnością, że zmienia się ona w ciągu dnia. Przypatrz się i spróbuj poszukać momentu, w którym cień był najkrótszy. W moim przypadku było to gdzieś w okolicy godz. 12:30. Moment, w którym cień gnomonu jest najkrótszy, nazywamy **południem lokalnym**. Nie musi ono wypaść dokładnie o godzinie 12 i na ogół nie wypada. Dlaczego tak się dzieje, to już jednak temat na inny artykuł. W każdym razie wiąże się to m.in. z eliptycznym kształtem orbity Ziemi oraz zastosowaniem w rachubie czasu tzw. słońca średniego, nie mówiąc już o urzędowych zmianach czasu na letni/zimowy. Południe lokalne zwane jest tak dlatego, ponieważ zależy od długości geograficznej obserwatora. Kiedy Ty obserwujesz południe lokalne, u osoby mieszkającej bardziej na wschód od Ciebie jest już po południu. Z kolei osoba znajdująca się na zachód od Ciebie dopiero czeka na swoje południe. Ten fakt astronomiczny leży u podstaw wprowadzenia stref czasowych.

Wyznaczanie linii północ-południe

Kierunek, w którym pada najkrótszy cień, wyznacza dokładnie **północ**. W zależności od pory roku jego długość będzie się różnić, jednak zawsze wskaże on północ. Jeśli jesteś pewien, że poprawnie uchwyciłeś moment, w którym cień jest najkrótszy, to tym samym właśnie wyznaczyłeś **południk lokalny**. Jeśli jednak nie masz tej pewności, to istnieje bardzo prosta metoda wyznaczenia południka na bazie wykonanych obserwacji.

Spróbuj połączyć delikatną kreską wszystkie punkty, które wyznaczyłeś. Następnie narysuj okrąg o środku w punkcie wbicia gnomonu, w taki sposób, aby w dwóch miejscach przeciął on krzywą powstałą z połączenia punktów.

Rysunek 4 pokazuje dokładnie, jak to wygląda w moim przypadku.



Rys. 4. Sposób wyznaczania południka lokalnego

Punkty A i B to właśnie punkty przecięcia rysowanego okręgu z wcześniej poprowadzoną krzywą. Połącz te punkty z miejscem, w którym znajduje się gnomon. Powstałe dwa odcinki wyznaczają kąt. Jeśli teraz tak powstały kąt podzielisz linią (dwusieczną) na dwie równe części, to linia ta będzie leżała dokładnie w płaszczyźnie południka lokalnego. Czyli, innymi słowy, wskaże ona dokładnie **północ**. Jest to fundamentalne określenie kierunku północnego. Bardzo często zdarza się, że za północ uważa się kierunek, jaki wskazuje nam kompas. Nic bardziej błędnego. Kompas pokazuje zawsze biegun magnetyczny Ziemi, który nie pokrywa się z biegunem północnym. W ramach ćwiczeń możesz spróbować położyć kompas na nowo wyznaczonej linii północ-południe i sprawdzić, na ile jego wskazania pokrywają się z tym, co właśnie wyznaczyłeś.

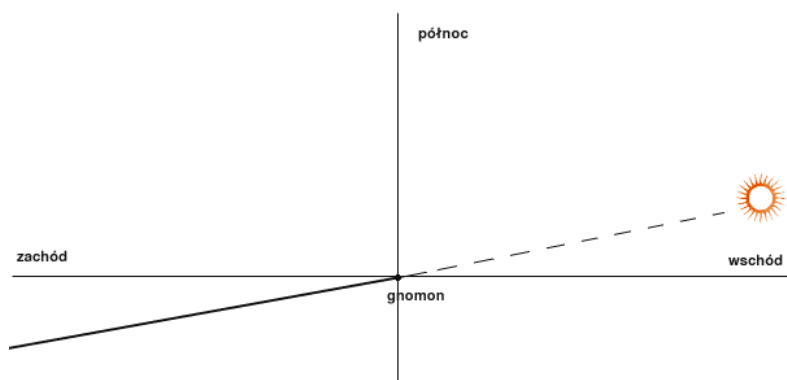
Metoda, którą zastosowaliśmy do wyznaczenia północy, stosowana była od tysięcy lat. Przykładem jej wykorzystania może być, opisany przez rzymskiego architekta Witruwiusza sposób wykorzystania gnomonu, który znajdziesz w internetowym, pełnym, wydaniu tego tekstu.

Miejsca wschodu i zachodu Słońca

Cień rzucany przez gnomon leży dokładnie po przeciwnej stronie niż oświetlające gnomon Słońce. Dlatego też obserwując w danym momencie cień, możesz z łatwością powiedzieć, z którego miejsca świeci właśnie nasza dzienna gwiazda. Spróbujmy zatem, na bazie przeprowadzanych obserwacji, określić miejsca wschodu i zachodu Słońca w dniu naszej obserwacji (w moim przypadku, jak już wiesz,

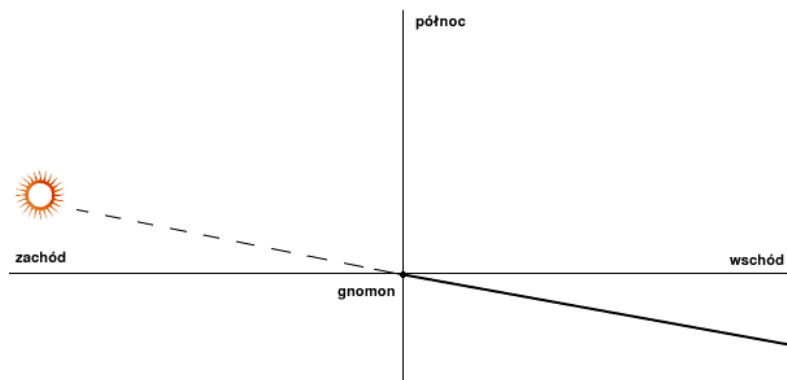
będzie to dzień kwietniowy). Aby to zrobić, trzeba jednak wstać nieco wcześniej, tak aby zaznaczyć kierunek padania cienia tuż po wschodzie Słońca.

Pierwsze, co zobaczysz, to że cień rzucany przez gnomon tuż po wschodzie Słońca ma prawie nieskończoną długość. Nie ona jednak się liczy w tej chwili. Zwróć uwagę na kierunek, w którym pada cień. W moim przypadku okazało się, że wcale nie jest to zachód. Cień rzucany przez mój gnomon leży w kierunku południowo-zachodnim. Wniosek z tego taki, że oświetlające gnomon Słońce musi wschodzić **nie na wschodzie**, ale gdzieś na **północnym-wschodzie**.



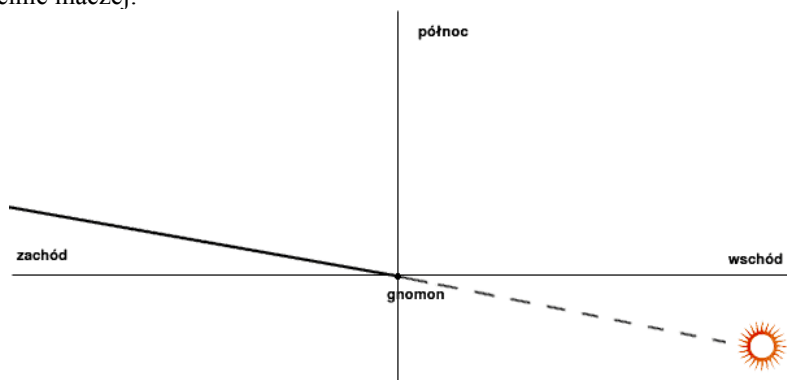
Rys. 5. Kierunek cienia rzucanego 20 kwietnia przez wschodzące Słońce

Poczekaj teraz do zachodu Słońca i zobacz, jak teraz będzie się układał cień gnomonu. W moim przypadku ułożył się on w kierunku południowo-wschodnim. Czyli Słońce w kwietniu zachodzi **nie na zachodzie**, ale gdzieś na **północnym-zachodzie**.



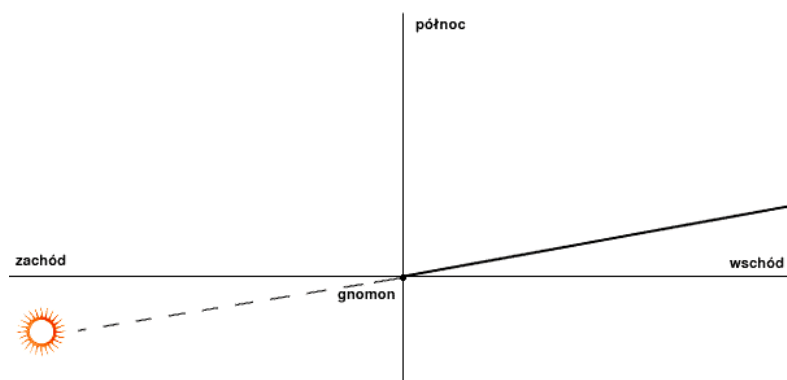
Rys. 6. Kierunek cienia rzucanego 20 kwietnia przez zachodzące Słońce

Jeśli będziesz miał na tyle cierpliwości, aby poczekać i podobny pomiar zrobić mniej więcej za pół roku, przekonasz się, że kierunek padania cienia wygląda zupełnie inaczej.



Rys. 8. Kierunek cienia rzucanego 20 października przez wschodzące Słońce

Widać, że cień gnomonu wykonał w ciągu pół roku wędrówkę z kierunku południowo-zachodniego na północny zachód. Jest to konsekwencja pozornego ruchu Słońca, które wschodzi w październiku **nie na północnym wschodzie**, jak miało to miejsce w kwietniu, ale na **południowym wschodzie**. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku zachodzącego Słońca.



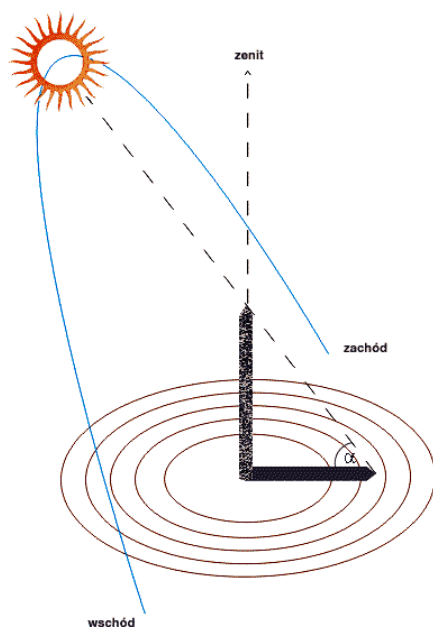
Rys. 7. Kierunek cienia rzucanego 20 października przez zachodzące Słońce

Zachodzi ono **nie na północnym zachodzie**, tak jak miało to miejsce w kwietniu, ale na **południowym zachodzie**.

Wysokość Słońca nad horyzontem

Zauważyłeś na pewno, że w ciągu dnia zmienia się długość cienia rzucanego przez Twój gnomon. Jest to efekt zmian w wysokości Słońca nad horyzontem. Rano i wieczorem, kiedy Słońce znajduje się najniżej, cień jest najdłuższy. Z kolei w samo południe (słoneczne) cień rzucany przez Twój gnomon będzie najkrótszy.

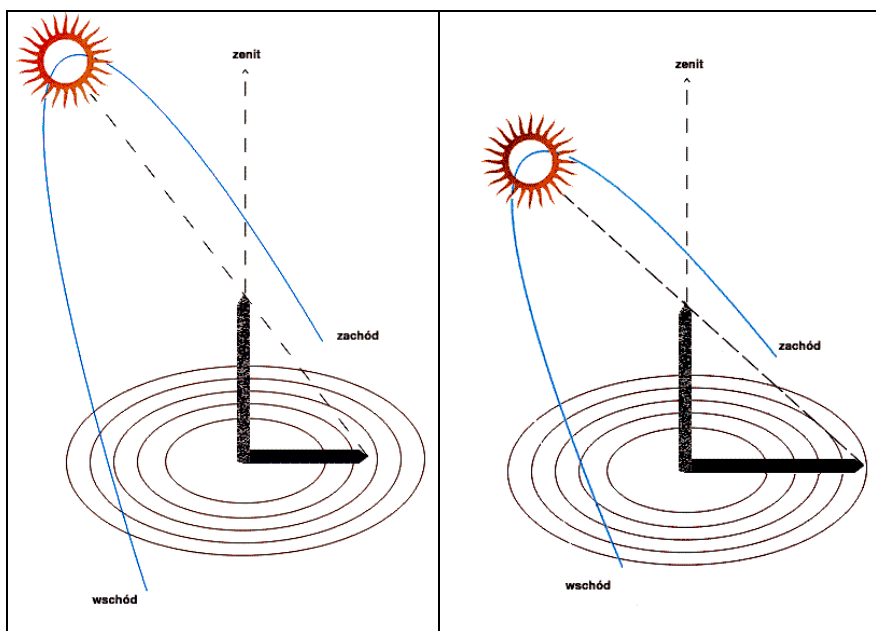
Mając określoną wysokość gnomonu i możliwość pomiaru długości rzucanego przez niego cienia, możesz pokusić się o wyliczenie wysokości Słońca nad horyzontem, a następnie sprawdzić, w jaki sposób ta wysokość zmienia się w ciągu dnia. Możesz także porównać wysokość Słońca w południe w różnych porach roku. Kiedy już przekonasz się, że latem cień jest najkrótszy, a zimą najdłuższy, przyjdzie czas na zadanie sobie pytania – dlaczego?



Rys. 9. Sposób wyliczenia wysokości Słońca nad horyzontem. Rys. Krzysztof Igras

Wróćmy jednak do obliczeń związanych z wysokością Słońca nad horyzontem. Jak widzisz na rysunku 9, gnomon, jego cień oraz droga promienia światła tworzą trójkąt prostokątny. Wysokość gnomonu mamy określoną (w razie potrzeby możesz po prostu ją zmierzyć), długość cienia bardzo łatwo zmierzysz. Kąt α , będący wysokością Słońca nad horyzontem, wyznacysz, korzystając z definicji tangensa:

$$\tan \alpha = \frac{\text{wysokość gnomonu}}{\text{długość rzucanego cienia}}$$



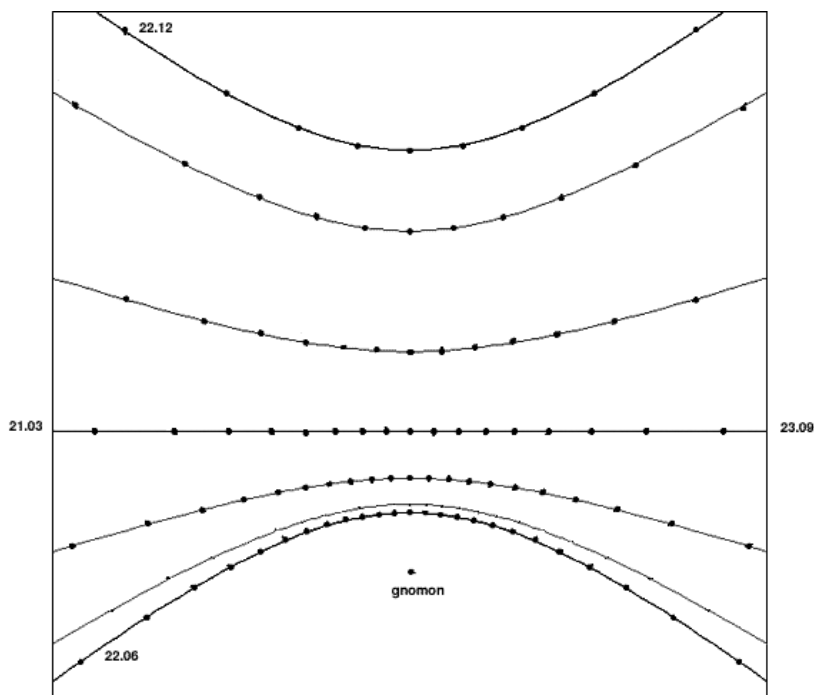
Rys. 10. Zmiana długości cienia w zależności od wysokości Słońca nad horyzontem.

Rys. Krzysztof Igras

Roczne zmiany pozycji Słońca na niebie

Na koniec jeszcze jedna obserwacja. Z dziennej obserwacji ruchu cienia wiesz, że jego koniec kreśli w ciągu dnia symetryczną krzywą. Wiesz już także, że wraz ze zmianami pór roku zmienia się długość cienia. Czas więc, aby połączyć razem te dwie obserwacje i zobaczyć, w jaki sposób zmienia się w ciągu roku kształt kreślonej przez koniec cienia krzywej. Spróbuj wybrać sobie kilka dni w roku i przeprowadzić obserwacje ruchu końcówki cienia w tych dniach. Biorąc pod uwagę kompletność obserwacji i płynące wnioski, postaraj się przeprowadzić obserwację także w okolicach 21 marca, 22 czerwca, 22 grudnia i 23 września.

Rysunek 11 pokazuje, jak wspomniane krzywe wyglądają w moim przypadku.



Rys. 11. Roczne zmiany kształtu krzywej wyznaczonej przez koniec cienia gnomonu

Krótkie podsumowanie

Na koniec przypominę listę problemów, jakie można omówić (na przykład na lekcjach) na bazie obserwacji wykonywanej przy użyciu gnomonu:

1. O której godzinie wypada lokalne południe? Co to jest lokalne południe? Dlaczego jest nazywane lokalnym?
2. Gdzie znajduje się północ? Co to jest południk lokalny? Wyznacz kierunek północny, wykorzystując metodę znajdowania południka lokalnego.
3. Czym się różni biegun magnetyczny od bieguna północnego?
4. Gdzie wschodzi i zachodzi Słońce w różnych porach roku? Dlaczego tak się dzieje?
5. Spróbuj zmierzyć wysokość Słońca nad horyzontem w południe. Porównaj ją z wysokością w innych porach roku. Dlaczego wysokość Słońca nad horyzontem zmienia się w ciągu dnia? Skąd się biorą zmiany roczne? Co one powodują?

marcin@zegarysloneczne.pl, www.zegarysloneczne.pl

Pełna wersja artykułu dostępna jest na stronie www.if.uj.edu.pl/Foton/