

Obserwacje Słońca w szkolnej pracowni

■ DOMINIK PASTERNAK

1. Wstęp

Słońce jest najjaśniejszym obiektem na ziemskim niebie i od zawsze wzbudzało zainteresowanie ludzi – czczono je jako bóstwo, poszukiwano praw, które nim rządzą – bez Słońca człowiek nie może żyć. Warto spróbować dokładniej przyrzeć się naszej Gwieździe, tym bardziej, że obserwacje Słońca nie są wymagające, jeśli chodzi o typ posiadanego teleskopu. Wielkość kąta Słońca na naszym niebie wynosi około 32 minuty, zatem już nawet lornetką można obserwować różne ciekawe szczegóły i zjawiska na jego widocznej powierzchni – fotosferze. W roku 2007 Słońce znajduje się w minimum i powoli będzie zwiększało swoją aktywność, aż do maksimum przewidywanego na rok 2011 – warto więc obserwować jak z każdym miesiącem przybywa plam i innych ciekawych struktur na Słońcu.

2. Bezpieczeństwo podczas obserwacji Słońca

Obserwując Słońce, należy w szczególności starannie zadbać o bezpieczeństwo. Gołym okiem instynktownie unika się patrzenia prosto w Słońce – zwyczajnie nas razi. Instrumenty optyczne zwiokrotniają ilość światła docierającą do naszych oczu, dlatego podczas obserwacji Słońca należy korzystać z filtrów obiektywowych lub specjalnych metod obserwacyjnych. Ilość energii dostarczonej do oka, nawet podczas krótkotrwałego spojrzenia na Słońce przez jakikolwiek teleskop, czy lornetkę bez zabezpieczenia, może spowodować trwale uszkodzenia wzroku!

Jeżeli teleskop wyposażony został w szukacz, podczas obserwacji należy upewnić się, że jest całkowicie zasłonięty, bądź też na jego obiektywie założony jest filtr.

Należy także pamiętać, że jeżeli zechcemy utrwalić obraz Słońca aparatem fotograficznym czy kamerą, musimy również odpowiednio zabezpieczyć obiektyw. **Zerkając do wizjera aparatu lub kamery bez zabezpieczeń narażamy nasz wzrok na uszkodzenia**, a próba utrwalenia obra-



Teleskop z zamocowanym filtrem z folii mylarowej
(fot. Dominik Pasternak)



Stanowisko do obserwacji Słońca metodą projekcyjną
(fot. Dominik Pasternak)

zu Słońca obiektywem bez filtra, skończy się zniszczeniem sprzętu.

3. Metody obserwacji Słońca Z zastosowaniem filtrów

Filtry słoneczne są zdecydowanie najlepszym i najbezpieczniejszym rozwiązaniem stosowanym do obserwacji Słońca. Należy jednak pamiętać, aby używać tylko tych, które nakłada się na **OBIEKTYW**, czyli „z przodu” instrumentu. Wszelkiego rodzaju filtry zakładane na okular teleskopu ulegają nagrzewaniu i mogą rozpaść się podczas obserwacji. Z uwagi na to, zdecydowanie odradza się używania tego typu filtrów.

Popularne filtry do obserwacji Słońca wykonane są najczęściej ze specjalnej folii lub przyciemnionego szkła. Ich działanie polega na przepuszczeniu do instrumentu tylko bardzo niewielkiej ilości światła słonecznego.

Najtańszym i najpopularniejszym w naszym kraju rozwiązaniem jest zakupienie specjalnej **folii mylarowej** (dostępnej w sklepach prowadzących sprzedaż teleskopów, zazwyczaj w cenie nieco ponad 10 zł

za kwadrat 10×10 cm). Do obserwacji wizualnych najlepiej kupić tę o oznaczeniu ND5. Folia taka jest niestety, bardzo delikatna i łatwo ją uszkodzić. Dlatego należy przed obserwacją skontrolować jej stan. Gdy zauważymy jakieś przetarcia, dziury czy pęknięcia, należy wymienić ją na nową. Mocowanie do obiektywu można wykonać już we własnym zakresie, dbając o to by konstrukcja była trwała i dobrze zamocowana do obiektywu. Należy upewnić się że powiew wiatru nie zdmuchnie filtra podczas prowadzonych obserwacji.

Filtry szklane zazwyczaj na swojej powierzchni mają napyloną warstwę specjalnego materiału. Z pewnością tego typu filtry są bardziej wytrzymałe niż folia, lecz w przypadku uszkodzenia, zakup nowego filtra wiąże się z dużym wydatkiem, gdyż niestety, nie należą one do tanich.

Jeżeli do lornetki, lunetki czy teleskopu zostały dołączone filtry, należy im się uważnie przyjrzeć. Często bowiem, okazuje się, że rzekome filtry słoneczne zupełnie nie nadają się do obserwacji Słońca. Jeśli przez filtr widać cokolwiek za wyjątkiem Słońca (np. włókno zapalanej żarówki), to taki filtr z pewnością nie nadaje się do bezpiecznego obserwowania naszej Gwiazdy.

Stanowczo odradza się stosowanie jako filtrów płyt CD/DVD, dyskietek, klisz fotograficznych, przydymionych szkieł, folii do kwiatów, okularów słonecznych itp. Materiały te nie są przystosowane do obserwacji Słońca! Nawet jeśli uda się uzyskać odpowiedniej jasności obraz naszej Gwiazdy, to nie ma żadnej gwarancji, że promieniowanie UV czy podczerwone zostanie również wytłumione. Przykładowo okulary słoneczne chronią przed promieniowaniem UV, ale tym rozproszonym w atmosferze, a nie tym docierającym bezpośrednio z kierunku Słońca.

Metoda projekcyjna

Inną bardzo popularną, prostą i dosyć bezpieczną metodą obserwacji Słońca jest metoda projekcji okularowej. Słońce obserwuje się na ekranie ustawionym za okularom

teleskopu. Konstrukcję taką można zbudować we własnym zakresie. Podczas obserwacji należy uważać, aby przez przypadek nie spojrzeć bezpośrednio do okularu. Ze względu na to, że podczas tego typu obserwacji elementy teleskopu ulegają nagraniu, należy robić przerwy w celu ochłodzenia sprzętu. Skierowanie teleskopu na Słońce nie powinno sprawiać problemu – patrząc na cień teleskopu, należy ustawić instrument tak, aby jego cień był najmniejszy. Promienie



Zaplamiona tarcza Słoneczna w projekcji okularowej (fot. Dominik Pasternak)



Tarcza słoneczna z plamami (fot. Dominik Pasternak)

światła będą wtedy wzdłuż jego osi optycznej i zazwyczaj po drobnej korekcji ustawienia, można oglądać Słońce na ekranie. Obserwacje metodą projekcyjną mają tę zaletę, że obraz Słońca może obserwować jednocześnie wiele osób – doskonale nadaje się więc do zastosowania w szkolnej pracowni.

Teleskop słoneczny

Coraz popularniejszą, w naszym kraju metodą obserwacji Słońca, jest zakup specjalnego teleskopu słonecznego. Teleskopem takim można obserwować Słońce w linii H-alfa (656,3 nm). Jest to jednak dość spory wydatek – najtańsze modele kosztują ponad 2000 zł. Można zakupić sam filtr tego typu i założyć na posiadany już teleskop, jednak nie zmniejsza to specjalnie kosztów.

Internet

W szkole, w której nie ma dostępu do teleskopu i nie można „na żywo” oglądać Słońca, rozwiązaniem jest pracownia komputerowa z dostępem do internetu. Obecnie w sieci jest dużo stron, na których prezentowane są bieżące obserwacje i fotografie Słońca w całym zakresie widmowym. Korzystając z zamieszczonych tam materiałów, można na bieżąco śledzić zmiany aktywności naszej Gwiazdy, czy wykorzystać je do prac projektowych z młodzieżą. Przykładem może być strona serwisu [spaceweather.com](http://www.spaceweather.com) (<http://www.spaceweather.com/>), gdzie codziennie pojawiają się najnowsze informacje o aktywności Słońca. Całe mnóstwo ciekawych informacji i zdjęć znajdziecie Państwo na witrynie sondy SOHO, która od lat obserwuje Słońce: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>. Oczywiście zachęcam do własnych poszukiwań, jako że internet skrywa jeszcze wiele interesujących stron poświęconych bieżącym obserwacjom Słońca. I kto wie, może ktoś z szanownych Czytelników lub młodzieży, którą Państwo kształcicie odkryje przy okazji nową kometę na zdjęciach z orbitalnego obserwatorium słonecznego SOHO?

Opisane wyżej metody obserwacji Słońca nie są oczywiście jedynymi – jed-



Wschód Słońca zniekształcony przez refrakcję (fot. Dominik Pasternak)



Wschód Słońca zniekształcony przez refrakcję. Widać zielony promień (fot. Dominik Pasternak)

nak, ze względu na dostępność, prostotę wykonania i prostotę obserwacji, doskonale nadają się do zastosowania w szkolnej pracowni astronomicznej.

4. Co obserwować?

Obserwowana „powierzchnia” Słońca, zwana fotosferą, ma niewielką grubość (około 500 km) w porównaniu do średnicy Słońca (1 392 520 km – 109 średnic Ziemi) i emituje większość promieniowania widzialnego. Na fotosferze, już za pomocą niewielkiego amatorskiego instrumentu,

można zaobserwować interesujące struktury: plamy, pola pochodni, granulację. Podczas całkowitego zaćmienia Słońca mamy okazję podziwiać dodatkowo: chromosferę, protuberancje i koronę. Należy pamiętać, że Słońce jest niezwykle aktywne, dodatkowo obraca się wokół własnej osi, a Ziemia wokół Słońca i powstające struktury nie zawsze widoczne są w tym samym miejscu, w takiej samej ilości i w identycznym kształcie – zmienia się to z dnia na dzień, a nawet z godziny na godzinę. Zatem codzienne obserwacje Słońca pokazu-

ją wiele interesujących zmian, jakie zachodzą w atmosferze naszej Gwiazdy.

Plamy słoneczne

Plamy są tym przejawem aktywności słonecznej, który najłatwiej jest obserwować – ciemne, mniej lub bardziej regularne obszary na powierzchni Słońca, od razu przyciągają uwagę. Są one obszarami aktywności magnetycznej i mają niższą temperaturę niż otaczająca je fotosfera. Temperatura fotosfery to około 5800 K, natomiast plam – 4500 K (w półcieniu temperatura wynosi około 5300 K). Choć różnica temperatury jest niewielka, to jednak ilość emitowanej energii jest znaczna – i dlatego w porównaniu z fotosferą plamy wydają się czarne. Plama może składać się z dwóch części – cienia i półcienia. Cień jest znacznie ciemniejszy, natomiast półcień jest wyraźnie jaśniejszy od centralnego obszaru plamy.

Wdzięcznym tematem obserwacji jest ewolucja plamy słonecznej. Można, np. zaobserwować pojawienie się niewielkiej plamki, która z upływem dni rozrasta się do ogromnych rozmiarów – często kilka razy większych od Ziemi! Zdarza się również, że niewielka plama pojawia się i po kilkunastu godzinach znika, nie zachwycając niczym specjalnym. Średnice plam mogą osiągać 2000 km do ponad 50 000 km, czyli zdarzają się tak duże, że czasami widać je nawet bez pomocy lornetki czy teleskopu (bezwzględnie należy pamiętać o zabezpieczeniu oczu filtrem). Przyglądając się kształtom plam można dostrzec, że on również może się zmieniać – np. okrągły, eliptyczny czy nieregularny. Plamy „żyją” w zależności od swojej wielkości, od kilkunastu godzin do kilkunastu tygodni. Poszczególne etapy rozwoju plam są związane z przemianami lokalnych pól magnetycznych i świadczą o ciągłej ewolucji obszarów aktywnych. Podczas obserwacji warto również zwrócić uwagę na proces grupowania się plam – często powstają olbrzymie i bardzo rozbudowane ich skupiska.

W czasie obserwacji Słońca, warto poświęcić chwilę na obliczenie poziomu aktywności naszej Gwiazdy. Wyznaczenia mi-

nimów i maksimów tej aktywności można łatwo dokonać, obserwując właśnie plamy słoneczne (ilości, wielkości i rozmieszczenia plam). W tym celu, należy naszkicować lub sfotografować wygląd Słońca, zliczyć plamy i zaznaczyć ich grupy. Następnie należy obliczyć tzw. liczbę Wolfa wg wzoru:

$$R = k(10 \cdot g + p)$$

gdzie:

k – współczynnik korekcyjny (przyjmujemy 1),

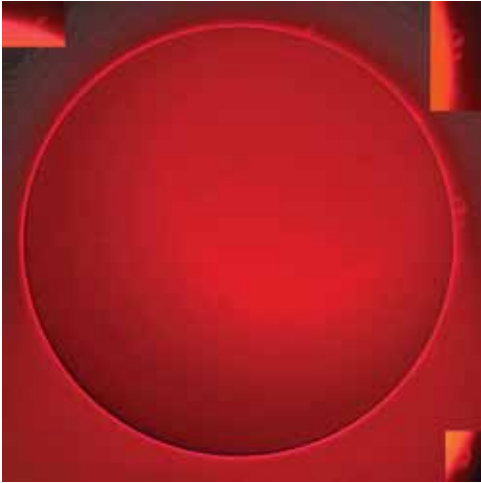
g – liczba grup plam słonecznych,

p – liczba wszystkich plam dostrzeżonych na tarczy Słońca.

Liczba ta waha się od 0 w okresach minimum nawet do 300 w okresach dużej aktywności. Jeśli na wykresie na osi rzędnych naniesiemy wyliczone liczby Wolfa, a na osi odciętych czas, wówczas ukaże nam się okresowość tych zmian. Jeśli obserwacje są prowadzone wystarczająco długo (pełen cykl aktywności słonecznej trwa 22 lata, kiedy to pole magnetyczne Słońca wraca do początkowego rozkładu biegunowości, jednak co 11 obserwuje się zanikanie i pojawianie plam), już po kilku latach dostrzeżemy wyraźne zmiany.

Uczniów szczególnie zainteresowanych astronomią warto zachęcić do regularnej obserwacji aktywności Słonecznej i zapisywania wyników swojej pracy. Prócz obliczenia liczby Wolfa, dodatkowo można sklasyfikować plamy i grupy plam na Słońcu za pomocą oznaczeń systemu McIntosha, które szczegółowo opisują ich budowę i ewolucję.

Zaawansowani obserwatorzy mogą pokusić się również o rejestrowanie szerokości heliograficznej miejsc, w których pojawiają się plamy słoneczne. Obserwacja taka nie jest trudna, wystarczy tylko zaznaczać położenia plam na rysunkach tarczy Słońca z naniesioną siatką współrzędnych heliograficznych. Podczas trwania cyklu można zaobserwować stopniowe przesuwanie się plam ku równikowi. Wykres przedstawiający zmiany położenia plam na Słońcu w czasie – będzie to tzw. wykres



Słońce w linii H-alfa. Widać protuberancje (fot. Jarosław Rusek, Grzegorz Sęk)



Słońce w linii H-alfa. Widać protuberancje (fot. Jarosław Rusek, Grzegorz Sęk)

motylkowy aktywności Słońca (jego wygląd przypomina skrzydła motyla) – pokaże, jak na Słońcu rozkłada się wypływanie pola magnetycznego w czasie całego cyklu.

Ciekawą obserwacją może być określenie powierzchni, jaką zajmują plamy Słoneczne. Aby to wyznaczyć, należy naszkicować lub sfotografować Słońce i np. za pomocą przygotowanego wcześniej szablonu, wyznaczyć te wielkości. Przykładowo, jeśli w projekcji okularowej obraz Słońca będzie miał średnicę 139 mm to 1 mm na obrazie będzie odpowiadał 10 000 km na Słońcu. Jeśli obraz Słońca będzie miał średnicę 110 mm, to w tej skali 1 mm odpowiada da w przybliżeniu średnicy Ziemi.

Pociemnienie brzegowe, pochodnie fotosferyczne i granulacja

Obserwując Słońce, bardzo łatwo jest dostrzec, że na środku tarczy jego jasność jest największa i zmniejsza się przy brzegach. To zjawisko nosi nazwę pociemnienia brzegowego i wynika z tego, że w pobliżu brzegu, obserwator patrząc prawie stycznie do powierzchni widzi tylko płytsze warstwy plazmy słonecznej. Na środku tarczy obserwator widzi plazmę w fotosferze na wprost i warstwa ta jest grubsza, ma wyższą temperaturę i jasność.

W pobliżu plam słonecznych często można zaobserwować jaśniejsze struktury. Są to pochodnie fotosferyczne, czyli obszary nieco gorętsze od otaczającej je fotosfery i powodowane również przez pola magnetyczne. W związku z tym, że świecenie fotosfery jest osłabione na brzegach tarczy słonecznej (na skutek efektu geometrycznego opisanego wcześniej), pochodnie szczególnie dobrze widać właśnie w okolicach brzegów tarczy. Warto je obserwować, gdyż czasami zwiastują pojawienie się nowej plamy w okolicy.

W warstwie konwektywnej Słońca olbrzymie bąble gorącej plazmy wypływają ku jego powierzchni. Granulacja – najmniejsze komórki konwektywne – widoczna jest na całej fotosferze Słońca. Najlepiej ją obserwować przy brzegu tarczy.

Zmiany widomej średnicy Słońca

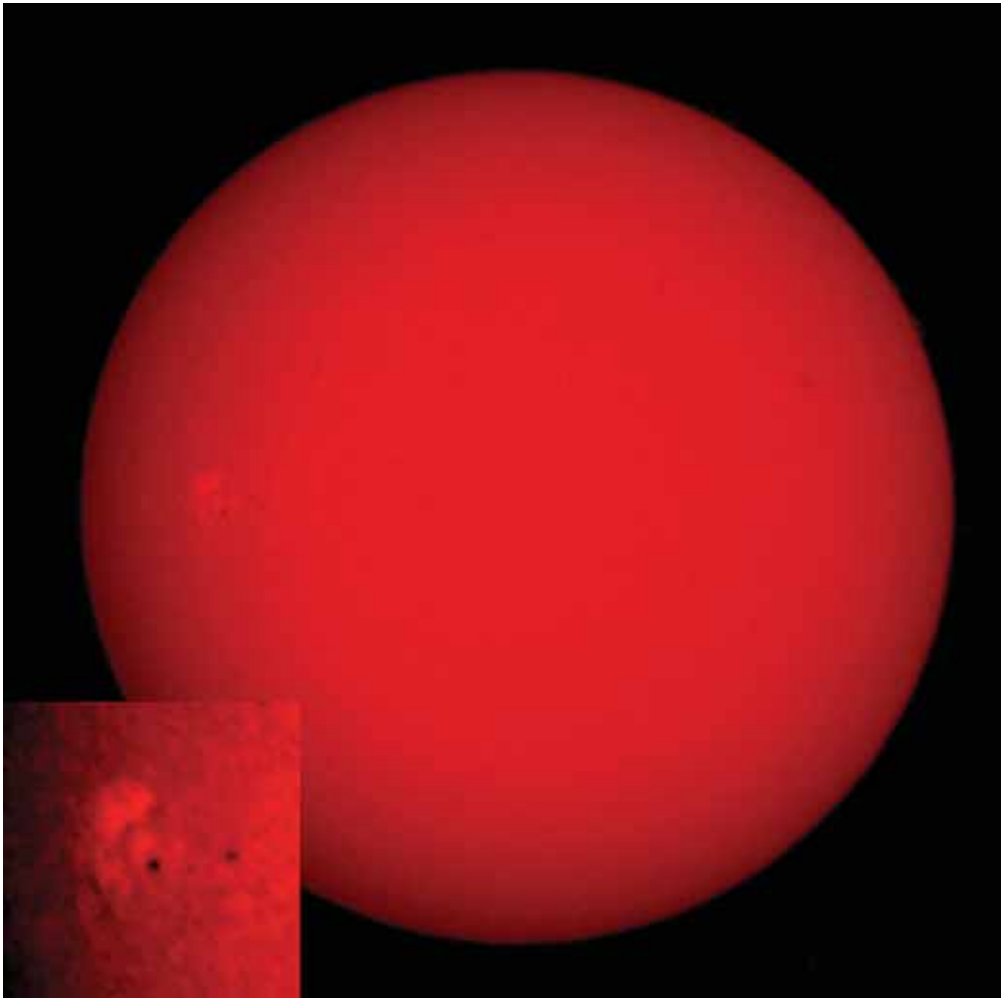
Obserwowana z Ziemi widoma średnica Słońca zmienia się, od stycznia do lipca, o około 1 minutę kątową, co jest spowodowane eliptycznością kształtu orbity ziemskiej. Warto wykonać fotografie Słońca w tych dwóch miesiącach (używając tego samego zestawu fotograficznego) i np. porównać je ze sobą, a okaże się, że podczas, gdy w Polsce króluje zima, Ziemia jest bliżej Słońca niż latem.

Protuberancje

Dysponując teleskopem z filtrem H-alfa, można dostrzec zjawiska w chromosferze – warstwie słonecznej atmosfery znajdującej się nad fotosferą – plamy, pochodnie, włókna chromosferyczne. Na krawędzi tarczy słonecznej z łatwością dostrzeżemy protuberancje w postaci łuków czy też arkad. Są to obłoki gazu w koronie słonecznej utrzymywane tam przez pole magnetyczne. Protuberancje pojawiają się wokół obszarów aktywnych lub je zapowiadają.

Rotacja różnicowa

Materia w warstwie konwektywnej Słońca, okrąża Gwiazdę wokół osi z różnymi prędkościami kątowymi – zjawisko to nosi nazwę rotacji różnicowej Słońca. Jest ono łatwe do zaobserwowania, wymaga jednak pewnej systematyczności. Obserwator musi przez kilka tygodni, najlepiej codziennie zaznaczać na rysunku tarczy Słońca dokładne umiejscowienie plam wraz z dokładnym momentem obserwacji. Zebrawszy materiał obserwacyjny, można porównać zmiany położenia plam (dziennie oraz względem siebie).



Słońce w linii H-alfa. Powiększony fragment to plama słoneczna (fot. Jarosław Rusek, Grzegorz Sęk)

Bardzo łatwo jest dostrzec, iż plamy położone najbliżej słonecznego równika przesuwa- ją się po tarczy najszybciej, zaś te położone dalej od równika przesuwa- ją się wolniej.

Zaćmienia Słońca

Podczas zaćmienia, Księżyc i Słońce tworzą niezwykle spektakl, który jest wdzięcznym tematem do obserwacji, oraz okazją do wyjaśnienia uczniom jego podstaw fizycznych. Niestety, nie są to zjawiska częste. Analizując warunki występowania zaćmień dochodzi się do zaskakującego wniosku: co roku muszą wystąpić co najmniej dwa zaćmienia Słońca a maksymalnie może być ich pięć. Dlaczego więc nie obserwujemy co roku zaćmień Słońca? Otóż zaćmienie Słońca widoczne jest na stosunkowo niewielkim obszarze Ziemi, a samo zaćmienie całkowite można oglądać tylko w wąskim pasie, którego szerokość nie przekracza 269 km. Aby więc co roku obserwować zaćmienie Słońca, należy w odpowiednim czasie udać się do tego miejsca globu z którego widać zaćmienie. Dlatego też najbliższe częściowe zaćmienie Słońca będzie można oglądać w Polsce 1 sierpnia 2008 roku, najbliższe obrączkowe zaćmienie 13 lipca 2075 roku, zaś najbliższe całkowite zaćmienie 7 października 2135 roku. Aby zobaczyć całkowite zaćmienie Słońca mieszkańcy Polski muszą udać się w zagraniczną podróż, do czego zachęcam, ponieważ naprawdę warto choć raz w życiu zobaczyć to niesamowite zjawisko. Szczegółowe efemerydy tych zjawisk dostępne są na wielu stronach internetowych, z których mogę Państwu polecić NASA Eclipse Home Page (<http://sunarh.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>).

Zjawiska związane ze Słońcem

Obserwując naszą Gwiazdę, można dostrzec również i inne zjawiska, w których Słońce odgrywa jedną z głównych ról. Ciekawym i rzadkim zdarzeniem jest przejście na tle tarczy Słonecznej planety: Merkurego lub Wenus. Najbliższe tego typu zjawisko to przejście Wenus 6 czerwca 2012 roku. Zdarza się że na tle tarczy naszej Gwiazdy przelatuje stacja kosmiczna ISS – dysponując ka-

merką internetową podłączoną do teleskopu można sfotografować ten obiekt. Bardzo efektownie przez teleskop wygląda przelot samolotu lub ptaków na tle Słońca – osoby lubiące fotografować mogą wykonać piękne zdjęcia. Warto również zwrócić uwagę na zjawiska optyczne w atmosferze, związane ze Słońcem: tęcze, halo słoneczne, słońca poboczne, luki, słupy, zielony promień czy zniekształcenia refrakcyjne podczas wschodów i zachodów Słońca – najczęściej pięknie prezentują się na niebie i są doskonałą okazją do wyjaśnienia zagadnień z optyki.

5. Zakończenie

Słońce jest bardzo atrakcyjnym obiektem do obserwacji, nawet przez najmniejsze instrumenty i przy zastosowaniu prostych metod. Ciągłe zmiany na jego powierzchni sprawiają, że obserwacje są interesujące. Dodatkowo, prócz walorów dydaktycznych mogą mieć wartość naukową. Choć astronomowie korzystają już obecnie z coraz doskonalszych metod obserwacji Słońca, aktywność naszej Gwiazdy od 1849 roku oblicza się nieprzerwanie za pomocą wspomnianej wcześniej liczby Wolfa (chodzi o to aby zachować ciągłość tych obserwacji tą samą metodą). Właśnie te proste badania dają olbrzymie pole do popisu miłośnikom astronomii. Obserwacje Słońca prowadzone planowo i systematycznie, odpowiednio dokumentowane można, a nawet należy wysłać do instytucji zbierającej takie dane. Wszyscy chętni do prowadzenia obserwacji Słońca powinni skontaktować się z Sekcją Obserwacji Słońca działającą przy Polskim Towarzystwie Miłośników Astronomii lub z Towarzystwem Obserwatorów Słońca, bądź też z Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach – gdzie otrzymają szczegółowe instrukcje.

Zycząc udanych obserwacji pragnę jeszcze raz przypomnieć o zachowaniu szczególnej ostrożności podczas obserwacji Słońca!

DOMINIK PASTERNAK

Młodzieżowe obserwatorium astronomiczne
im Kazimierza Kortylewskiego w Niepołomicach