

Rozdział 4: Akwizycja i przetwarzanie obrazów

Uzyskiwanie obrazów kalibracyjnych

Jednym z istotnych aspektów uzyskiwania naukowo przydatnych danych jest odpowiednia kalibracja rejestrowanych obrazów. Jest niezwykle istotne, aby zebrane dane odpowiadały rzeczywistym jasnościom gwiazd w chwili pomiaru. Źródła niezwiązane z obserwowanymi obiektami powinny być odpowiednio oceniane i usuwane tak, aby nie wносиły zakłóceń.

Na szczęście, metoda kalibracji jest stosunkowo prosta i wymaga jedynie rejestracji specjalnych obrazów, które zawierają jedynie niechciane efekty instrumentalne. Z pewnością znajdziecie wiele oprogramowania, które jest w stanie w łatwy sposób pomóc w odpowiedniej redukcji danych. Jedyna wymagana ingerencja użytkownika w takim oprogramowaniu będzie polegać na wybraniu odpowiednich czasów ekspozycji, ilości obrazów albo wykorzystanych filtrów.

InfoBlok 4.1 – Przewodnik uzyskiwania klatek kalibracyjnych

Wszystkie klatki kalibracyjne powinny być uzyskane przy tej samej temperaturze czujnika co obrazy nieba. Należy pozwolić systemowi chłodzenia kamery na co najmniej półgodzinną stabilizację temperatury, przed wykonywaniem pomiarów.

Klatki BIAS (offsetowe)

- Powinny być wykonane bez udziału światła (zamknięta pokrywa kamery/aparatu).
- Należy wybrać minimalny dostępny dla urządzenia czas ekspozycji.
- Zarejestruj 100 lub więcej obrazów a następnie uśrednij obrazy aby stworzyć klatkę wzorcową, tzw. *Master Bias*.

Klatki DARK (ciemne)

- Powinny być wykonane bez udziału światła (zamknięta pokrywa kamery/aparatu)
- Czas ekspozycji powinien być taki sam jak czas ekspozycji obrazów rejestrowanych podczas pomiarów.
- Uzyskaj 20 lub więcej obrazów, odejmij od każdego klatkę *Master Bias*, a następnie uśrednij, wykorzystując zamiast średniej medianę – powstała klatka to wzorzec klatki ciemnej, tzw. *Master Dark*

Klatki FLAT (płaskie)

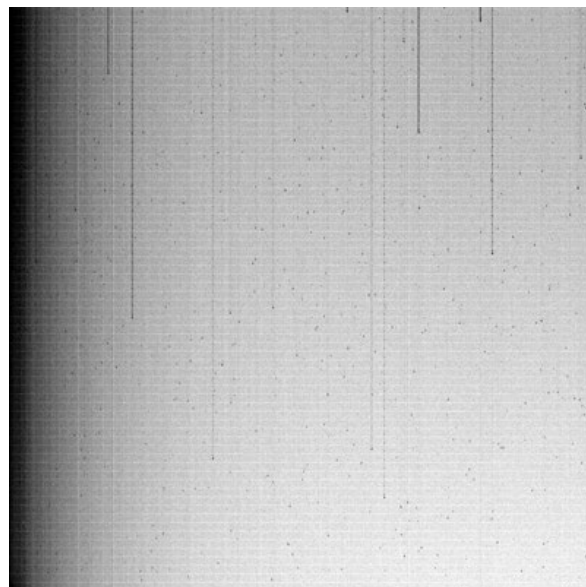
- Wykonaj zdjęcia równomiernie oświetlonej powierzchni lub nieba o zmierzchu.
- Należy zapewnić ogniskowanie systemu takie jak podczas obserwacji (punkt ostrości w nieskończoności).
- Czas ekspozycji powinien tak dobrany, aby jasność pikseli oscylowała wokół połowy jasności maksymalnej dla piksela wykorzystywanego czujnika.
- Wykonaj 10 lub więcej klatek płaskich, uśrednij uzyskane obrazy, a następnie odejmij klatkę *Master Dark* i *Master Bias* – powstała klatka to wzorzec klatki płaskiej, tzw. *Master Flat*.
- Procedurę uzyskiwania *Master Flat* powtórzyć dla każdego z filtrów użytych podczas obserwacji.

Twoje oprogramowanie umożliwi Ci łatwe uśrednianie oraz odejmowanie obrazów. W zależności od tego jaki pakiet oprogramowanie używasz, kolejne kroki uśredniania i odejmowania obrazów są automatyczne lub pół automatyczne. Ważne jest, aby znać zasadę działania używanego oprogramowania oraz jakie funkcje udostępnione są dla użytkownika.

Główną przyczyną stojącą za wykorzystaniem klatek kalibracyjnych jest to, iż pozwalają one usystematyzować uzyskiwane dane. Dzięki odpowiedniej kalibracji wyniki uzyskiwane przez różne instrumenty optyczne i elektroniczne mogą być ze sobą porównywane.

Klatki BIAS (offsetowe)

Kamera CCD/CMOS cechuje się obecnością wewnętrznych szumów, które objawiają się niechcianym sygnałem dodanym do każdego piksela podczas fazy odczytu, bez względu na długość czasu ekspozycji. Proces ten wynika z interferencji pomiędzy używanymi urządzeniami (komputer, przewody itd.) oraz z konieczności występowania wstępnego ładunku w każdym pikselu, aby możliwe było funkcjonowanie matrycy światłoczułej. Klatki *Bias* używane są, aby skompensować takie efekty. Obrazy kalibracyjne *Bias* uzyskiwane są z najkrótszym możliwym czasem ekspozycji, bez udziału światła, tak aby zawierały jedynie składową dodaną do obrazu przez elektronikę. W celu uzyskania idealnego wzorca takiej klatki, niezaburzonego dodatkowym losowym szumem odczytu, stosuje się uśrednianie dziesiątek takich obrazów. UWAGA! Wykorzystanie za małej ilości klatek offsetowych (np. 10) podczas tworzenia wzorca *Master Bias* skutkować może pogorszeniem wyników względem rejestracji bez żadnej kalibracji!



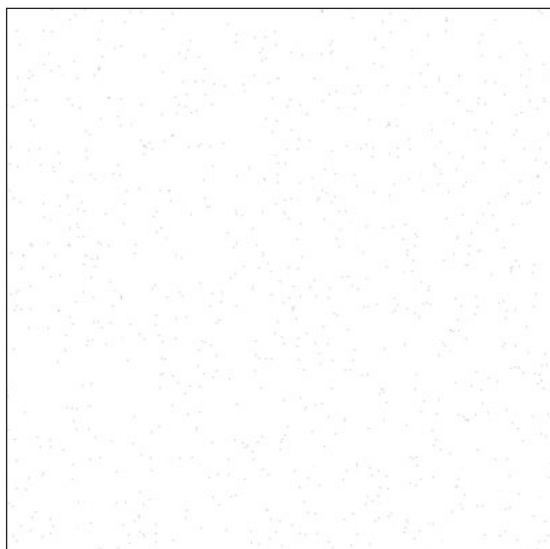
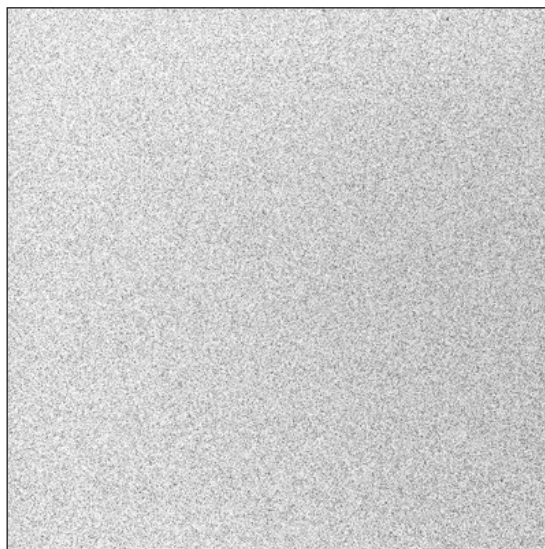
Negatyw klatki offsetowej

Wszystkie klatki kalibracyjne oraz uzyskane podczas obserwacji powinny być rejestrowane w tej samej temperaturze, najniższej możliwej dla danej lokalizacji oraz dla danego sprzętu. Ustaw chłodzenie kamery nie większe niż 80% maksymalnej mocy, aby umożliwić poprawną stabilizację temperatury. Pozostaw urządzenie na około pół godziny w celu osiągnięcia stanu stabilnego.

Klatka *Master Bias*, może być wykorzystana jedynie do kalibracji obrazów uzyskiwanych przy takiej samej temperaturze jak w momencie rejestracji klatek kalibracyjnych. W przypadku braku możliwości stabilizacji temperatury na wymaganym poziomie, należy powtórzyć procedurę kalibracyjną w wyższej temperaturze. Jest to szczególnie istotne dla matryc CCD typu interline.

Klatki DARK (ciemne)

Termiczne ruchy elektronów w strukturze krystalicznej półprzewodnika powodują powolne narastanie dodatkowego ładunku termicznego proporcjonalnie do czasu ekspozycji. Proces ten nazywamy prądem ciemnym. Przyrost niechcianego ładunku jest szczególnie widoczny, gdy kamera ma zamknięty dostęp światła. Widoczne jaśniejsze punkty, zwane hot pikselami, są przykładami miejsc w matrycy, gdzie generacja termiczna jest szczególnie efektywna. Najprostszym sposobem zmniejszenia prędkości generacji jest ochłodzenia matrycy. Niestety, nawet w bardzo niskiej temperaturze, udział prądu ciemnego potrafi być wciąż zauważalny, przez co należy go zawsze kompensować.

10 sekundowa rejestracja klatki ciemnej
(negatyw)300 sekundowa rejestracja klatki ciemnej
(negatyw)

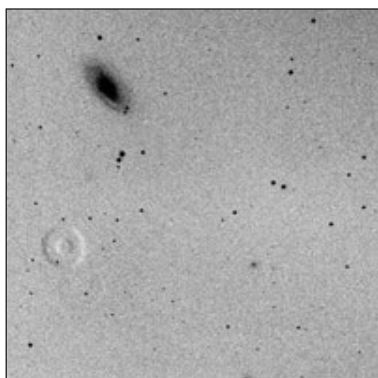
Aby uzyskać klatki ciemne, zadbaj aby do kamery nie dostawało się żadnego światła. Wykonaj szereg rejestracji o długości ekspozycji takiej samej, bądź większej niż czas ekspozycji w obrazach astronomicznych. Użycie krótszych czasów jest niewskazane, z uwagi na nieliniowe zachowanie jasności pikseli w zakresie bliskim saturacji.

Podobnie jak to miało miejsce w klatkach *Bias*, im więcej obrazów kalibracyjnych się uzyska, tym lepiej. Oprogramowanie uśredni wszystkie klatki *Dark*, odejmie od nich wzorec *Master Bias* i powstanie klatka wzorcowa prądu ciemnego, czyli *Master Dark*. Podczas uśredniania sugerowane jest użycie mediany zamiast średniej ważonej, ze względu na możliwość wystąpienia rejestracji cząstek wysokoenergetycznych, tzw. cosmic ray. Rejestracji cząstek typy elektrony, protony, miony itp., jest czyś naturalnym, szczególnie dla lokacji wysokogórskich. W przypadku użycia zwykłej średniej arytmetycznej zostaną one niestety uwidocznione również na klatce *Master*. Z tego względu należy użyć odpornych estymatorów wartości oczekiwanej, takich jak mediana, czy algorytm sigma-clipping.

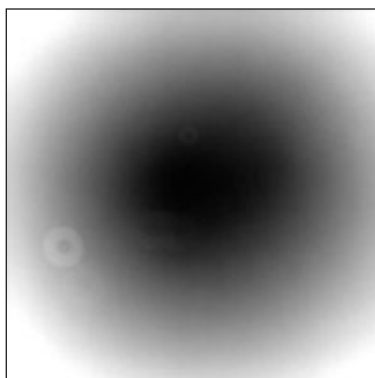
Klatki FLAT (płaskie)

Głównym celem zastosowania klatek płaskich jest uzyskanie obrazów, który nie będą zaburzone efektami instrumentalnymi pochodzącymi od toru optycznego teleskop-kamera. Mowa tu o takich problemach, jak kurz na powierzchniach optycznych, światło boczne, czy odbicia wewnętrzne. Poprzez wykonanie zdjęcia płaskiej, idealnie równomiernie oświetlonej powierzchni, niechciane gradienty zostaną zapisane w takiej klatce kalibracyjnej. Dzięki temu możliwe będzie, podobnie jak w przypadku wpływów prądu ciemnego, skompensowanie niechcianych efektów.

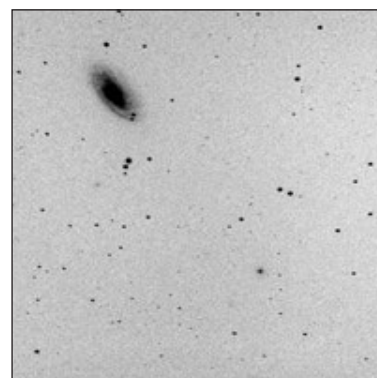
Najtrudniejszym zadaniem przy uzyskiwaniu klatki *Flat* jest znalezienie odpowiedniego, równomiernie oświetlonego pola. Wielu ludzi korzysta z własnoręcznie wykonanych podświetlanych paneli, umieszczonych wewnątrz obserwatoriów. Wydaje się, że jednak najlepszym sposobem jest wykonanie klatek na zmierzchowym niebie. Nie ma lepszego źródła równomiernie oświetlonego, dlatego sugeruje się użycie takiej właśnie techniki.



Oryginalny zarejestrowany obraz uwidaczniający problemy związane z kurzem na optyce



Klatka płaska



Efekt kompensacji z użyciem klatki płaskiej

Podczas pobierania klatek płaskich należy zapewnić, aby temperatura kamery była stabilna oraz taka sama, jak dla rejestracji klatek *Dark* i *Bias*. Ostrość powinna być ustawiona na nieskończoność, podobnie jak to ma miejsce podczas obserwacji astronomicznych. UWAGA! W przypadku ustawienia innego punktu ostrości, drobinki kurzu będą tworzyły inny obraz niż podczas rejestracji obiektów na niebie!

Czas ekspozycji należy dobrać eksperymentalnie i będzie on silnie zależny od filtra użytego podczas obserwacji. Należy zapewnić, aby większość z pikseli posiadała jasność w połowie ich zakresu dynamicznego. Zapewni to brak efektów związanych z nieliniowością odpowiedzi pikseli na światło, a z drugiej strony zmaksymalizuje ilość zarejestrowanego sygnału świetlnego.

Dla każdego wykorzystywanego filtra należy zebrać co najmniej 10 klatek. Jeżeli jako źródło użyto nieba zmierzchowego, należy wykorzystać proces uśredniania z użyciem mediany, aby usunąć artefakty związane z obecnością jasnych gwiazd widocznych wciąż na jasnym tle nieba. Dobrym rozwiązaniem jest lekkie (wystarczy kilkanaście sekund kątowych) przesuwanie kadru, aby obiekty nie pozostawały w tym samym miejscu. Stworzony dzięki uśrednianiu wzorec zwany jest *Master Flat* (wzorec klatki płaskiej). Od takiego wzorca należy odjąć klatkę *Master Bias*, a następnie odpowiednio zeskalowaną klatkę *Master Dark* (skalowanie zapewnia program, wymagając podania czasu ekspozycji dla klatek *Flat*).

Stworzona klatka *Master Flat* może być wykorzystywana do więcej niż jednej obserwacji, zakładając, że nie nastąpiły żadne zmiany w obrębie układu optycznego. Jeżeli wymieniono filtr, zmieniono położenie kamery (rotacja), dodano/usunięto soczewki Barlow itd., należy powtórzyć operację tworzenia kalibracyjnej klatki *Master Flat*.

InfoBlok 4.2 – Uzyskiwanie klatek FLAT z wykorzystaniem nieba zmierzchowego

Wykorzystanie nieba zmierzchowego jest zarówno najprostszą, jak i bardzo precyzyjną metodą uzyskiwania klatki płaskiej. Niestety wymaga mimo wszystko pewnej wprawy. Należy stosować się do następujących wskazówek aby uniknąć niepowodzenia:

- » rejestracja klatek nie powinna przekroczyć całkowitego czasu 30 minut. Słońce powinno być pomiędzy 5° a 7° poniżej horyzontu,
- » ustaw teleskop w stronę zenitu,
- » pomiędzy kolejnymi ekspozycjami wykonuj niewielkie przesunięcia tak, aby ewentualne jasne gwiazdy nie były widoczne w tym samym miejscu kadru,
- » warto rozważyć przykrycie teleskopu koszulą lub materiałem tak, aby zmniejszyć ilość światła docierającego do czujnika,
- » należy unikać obszarów Drogi Mlecznej, z uwagi na dużą ilość gwiazd, które są niechcianymi obiektami w klatkach kalibracyjnych *Flat*,
- » nie należy rejestrować klatek, gdy na niebie występują chmury,
- » należy dobrać czas ekspozycji pomiędzy 3 a 30 sekundami tak, aby jasność pikseli oscylowała wokół połowy zakresu dynamiki piksela,
- » wykorzystując kamerę CCD oraz filtry UBVRI należy, z uwagi na różną czułość pikseli, rozpocząć procedurę od filtrów U oraz B, następnie I, R, a na samym końcu V. Sugestia ta wynika z faktu stopniowego spadku jasności tła nieba, które można kompensować odpowiednim doborem filtrów.

Zbieranie materiału naukowego

Teraz kiedy masz już zestaw kadrów kalibracyjnych, nadszedł czas na gromadzenie obrazów gwiazd zmiennych. Istnieje kilka czynników, które należy uwzględnić podczas tworzenia tych obrazów.

Ustawianie temperatury

Aby zredukować prąd ciemny, ustaw najniższą możliwą temperaturę aparatu. Jeśli jest on chłodzony termoelektrycznie, ustaw wydajność na 80% (tak aby mieć małą rezerwę w razie potrzeby). Zanim zaczniesz fotografować odczekaj 30 min w celu ustabilizowania się temperatury aparatu. Obrazy kalibracyjne muszą być wykonane w takich samych warunkach, jak obrazy pomiarowe.

W czasie letnim, gdy musisz fotografować w wyższej temperaturze, wybierz obiekt wymagający krótszej ekspozycji, redukując w ten sposób prąd ciemny.

Użycie filtrów

W celu uzyskania danych, które mogą być łatwo zrozumiane przez użytkowników (co jest celem tego przewodnika!), należy zawsze używać filtrów fotometrycznych, za wyjątkiem rzadkich przypadków, gdzie wymagania naukowe wskazują na niefiltrowane obserwacje. Dane niefiltrowane lub dane pochodzące z niestandardowych filtrów mają poważne ograniczenia, ponieważ kolor gwiazd i działanie całego systemu w odniesieniu do tego koloru może być różny dla różnych obserwatorów. Dane te mogą być wykorzystane do datowania takich zdarzeń, jak minima lub zakrycia gwiazd podwójnych, ale nie mogą opisywać rzeczywistości w sposób powtarzalny. Znacznie lepiej jest zbierać dane przy użyciu jednego lub więcej standardowych filtrów fotometrycznych. Zobacz sekcję „filtry” w dziale „Sprzęt” (str. 16), aby dowiedzieć się więcej.

Czasy ekspozycji

Czas ekspozycji każdego obrazu zależy od wielu czynników, w tym od jasności zmiennej w danym czasie, jakiego filtra używasz, jakości mechanizmu i prowadzenia teleskopu. Ogólnie rzecz biorąc, należy użyć najdłuższy czas ekspozycji odpowiedni zarówno dla całkowitej jasności i skali czasowej zmiany, którą chcesz mierzyć. Najbardziej krytycznym aspektem wyboru odpowiedniego czasu ekspozycji dla danego filtra jest unikanie "nasycaenia" obrazu zmiennej lub którejkolwiek z gwiazd porównania. Takie postępowanie daje fałszywy odczyt jasności gwiazdy i dane stają się bezwartościowe.

Aby uniknąć tego problemu, ważne jest, aby zacząć od poznania punktu nasycenia aparatu, mierzonego w jednostkach analogowo-cyfrowych lub ADU (Analog Digital Unit patrz rozdział „Ustalanie liniowości” str. 13). Gdy już wiesz, jaka jest górna granica, zrób kilka próbnych fotografii gwiazd o znanej jasności, wykorzystując różne czasy naświetlania. Poprzez kontrolę obrazów i wykorzystanie oprogramowania do pomiaru liczby ADU w obrazie gwiazdy określ punkt, w którym gwiazda się nasycza. Na podstawie tych informacji ustal maksymalną i minimalną "bezpieczną" ekspozycję dla każdej gwiazdy. Następnie zapisz wyniki czasu ekspozycji dla konkretnej jasności gwiazdy dla każdego filtra w tabeli. Pozwoli to zaoszczędzić dużo czasu i ewentualnej frustracji w przyszłości.

Należy pamiętać, że obraz gwiazdy może się nasycić dużo wcześniej zanim "zakwitnie" (zanim zobaczysz pionowe spajki)! Kilka użytecznych porad odnośnie czasu ekspozycji:

- » Jeśli nie masz pewności co do czasu ekspozycji dla nowego celu, zawsze skłaniaj się do krótszego czasu naświetlania.
- » Bardzo długie czasy naświetlania najlepiej podzielić na kilka krótszych ekspozycji. Im dłuższy czas ekspozycji, tym większe prawdopodobieństwo na niekorzystny wpływ napędu teleskopu, przelatujących satelitów, promieniowania kosmicznego, chmur, itp. „Krótsze” obrazy mogą być „spiętrzane” (stack) dla poprawy SNR.
- » Nigdy nie używaj czasów krótszych niż 3 sekundy, a najlepiej 10 sekund – zwłaszcza jeśli aparat ma migawkę szczelinową. Bardzo krótkie otwarcia i zamknięcia mogą wpłynąć na dane fotometryczne.
- » Różne filtry prawie zawsze wymagają różnych czasów ekspozycji. Nie tylko ze względu na przepustowość filtra i odpowiedź CCD, ale też dlatego, że gwiazda może emitować mniej światła w jednym paśmie niż w innym. Jest to szczególnie widoczne w odniesieniu do niebieskich filtrów, zwłaszcza w przypadku obserwacji czerwonej gwiazdy.

Pierwszym krokiem w podejmowaniu decyzji, ile fotografii wykonać w programie badawczym jest określenie, co jest odpowiednie dla danej gwiazdy lub klasy gwiazd.

Na przykład, jeśli obrazujesz gwiazdę typu Mira, mającą wielomiesięczny lub roczny okres, to nie ma sensu obserwować jej częściej niż raz na tydzień. W tym przypadku powinieneś wykonać przynajmniej trzy fotografie używając każdego z filtrów, przetworzyć je oddzielnie, uśrednić wynikowe wielkości gwiazdowe (strumienie (fluxes) powinny być uśrednione przed przekształceniem do wielkości gwiazdowej, ale w większości przypadków różnice są nieznaczne) i przedstawić jako jedną uśrednioną obserwację (zgrupować obserwacje z użyciem trzech filtrów w jedną) do AAVSO.

Setki zdjęć rejestrowanych podczas jednej sesji obserwacyjnej powinny być zarezerwowane dla gwiazdy, która rzeczywiście coś „robi”, w sensie astrofizycznym, w tak krótkiej skali czasowej. Więcej informacji na ten temat znajduje się w rozdziale "Fotometria i Nauka" (patrz str. 44).

Bardzo ważne jest dokładne przemyślenie odpowiedniego „rytmu” obserwacji. Zbyt wiele uwagi poświęconej jednemu obiektowi może okazać się stratą czasu oraz zaburzyć krzywą blasku. Zbyt mało materiału naukowego sprawi, że dane będą mniej wartościowe.

Pole widzenia

Ze względu na małe pole widzenia kamery CCD, odnalezienie właściwego kadru może okazać się problematyczne. Oto kilka sugestii i wskazówek:

- » Poznaj pole widzenia systemu. Porady na ten temat znajdziesz w dziale „Sprzęt” (str. 12)

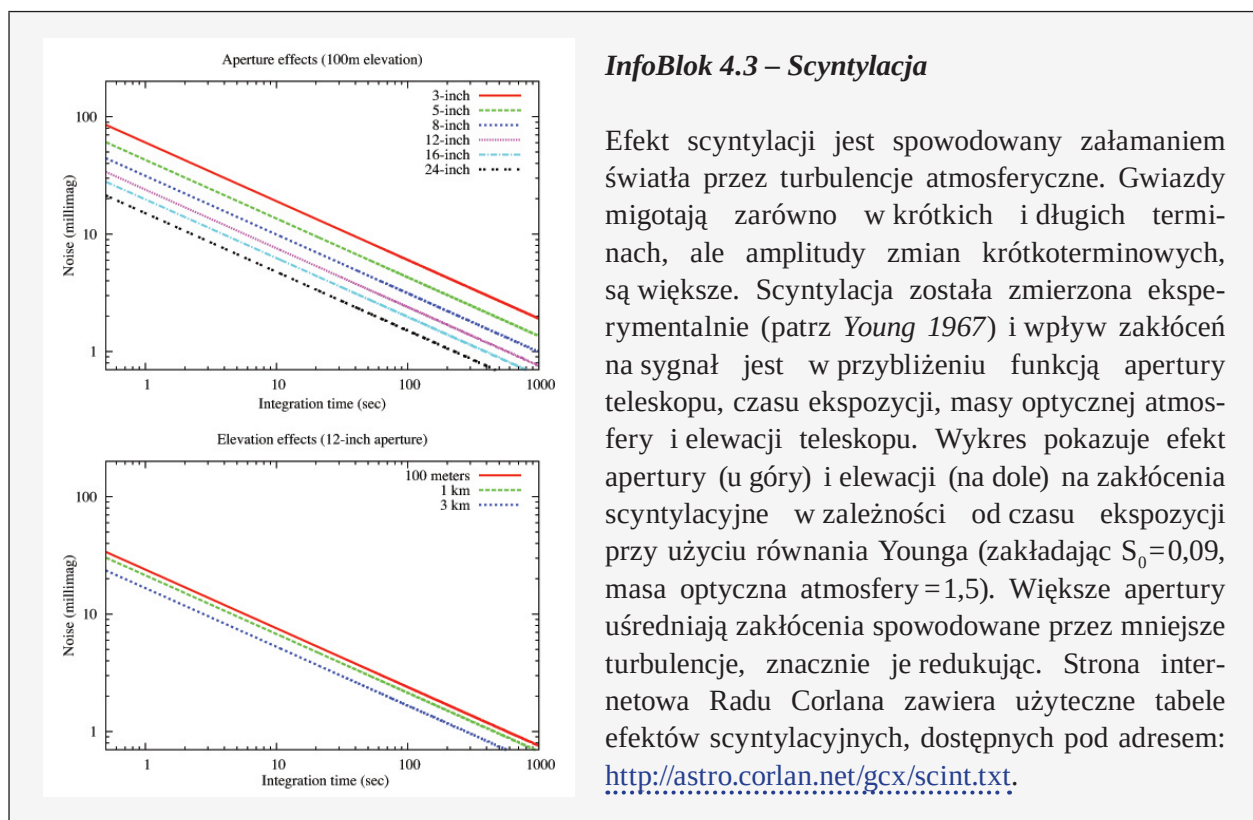
- » Upewnij się, że teleskop jest dobrze ustawiony na gwiazdę (alignment) zanim zaczniesz. Znajdź jasną gwiazdę, ustaw w centrum pola widzenia i ponownie zsynchronizuj. Dobrze jest użyć filtra V lub B, aby zmniejszyć ryzyko „widmowego” obrazu jasnej gwiazdy na kolejnej ekspozycji.
- » Wydrukuj mapkę VSP w różnych skalach i posiłkując się asteryzmami, za ich pomocą określ, czy celujesz w odpowiedni obiekt. Możesz użyć mapy DSS (opcja w VSP). Nie spiesz się, zrób to dobrze!
- » Skorzystaj z oprogramowania typu Guide, The Sky lub podobnego, aby uzyskać pożądany rozmiar map i wielkość gwiazdową. Przytnij kadr tak, aby pokrywał pole widzenia matrycy.
- » Ustawienie teleskopu kontroluj za pomocą oprogramowania, ponieważ jest ono bardziej dokładne niż GoTo. To obejmuje także lunetkę prowadzącą lub kamerę (guiding) i ich własne oprogramowanie, jeśli jest zainstalowane.
- » Umieść gwiazdę docelową w centrum pola widzenia i upewnij się, że gwiazda odniesienia znajduje się w kadrze.

Przypadki specjalne i inne problemy

Jasne gwiazdy

Jasne gwiazdy stanowią szczególny problem dla fotometrii. W celu uniknięcia nasycenia obrazu gwiazdy można użyć krótkiego czasu ekspozycji. Jednak oprócz ewentualnych problemów spowodowanych otwarciem i zamknięciem migawki, bardzo krótkie czasy ekspozycji są bardziej narażone na efekt scyntylacji, niż dłuższe, gdzie „rozbłyski” są uśredniane w dłuższym okresie czasu. Aby uniknąć takich problemów, nie zaleca się ekspozycji krótszych niż 10 sekund. Nie skracaj czasu naświetlania. Spróbuj raczej jednej z następujących technik:

- » Użyj maski zmniejszającej aperturę teleskopu, aby zmniejszyć ilość światła rejestrowanego w jednostce czasu przez aparat. (Należy pamiętać, że trzeba będzie wykonać nowe „flaty”!)
- » Wykorzystaj niebieski (B) filtr fotometryczny zamiast filtra wizualnego (V). Filtr zmniejszy ilość światła docierającego do aparatu, a także sama matryca CCD jest mniej wrażliwa na pasmo B, niż pasma V, R lub IC.
- » Rozostrz minimalnie. Obraz gwiazdy oświetli większą powierzchnię, więcej pikseli matrycy, co pozwoli wydłużyć ekspozycję.



InfoBlok 4.3 – Scyntylacja

Efekt scyntylacji jest spowodowany załamaniem światła przez turbulencje atmosferyczne. Gwiazdy migotają zarówno w krótkich i długich terminach, ale amplitudy zmian krótkoterminowych, są większe. Scyntylacja została zmierzona eksperymentalnie (patrz *Young 1967*) i wpływ zakłóceń na sygnał jest w przybliżeniu funkcją apertury teleskopu, czasu ekspozycji, masy optycznej atmosfery i elewacji teleskopu. Wykres pokazuje efekt apertury (u góry) i elewacji (na dole) na zakłócenia scyntylacyjne w zależności od czasu ekspozycji przy użyciu równania Younga (zakładając $S_0=0,09$, masa optyczna atmosfery = 1,5). Większe apertury uśredniają zakłócenia spowodowane przez mniejsze turbulencje, znacznie je redukując. Strona internetowa Radu Corlana zawiera użyteczne tabele efektów scyntylacyjnych, dostępnych pod adresem: <http://astro.corlan.net/gcx/scint.txt>.

W przypadku, gdzie trzeba używać bardzo krótkich czasów naświetlania, aby uniknąć nasycenia, należy rozważyć wykonanie wielu fotografii, a następnie na tej podstawie dokonać pomiaru (jeśli gwiazda zmienia się wystarczająco powoli). Pomoże to zmniejszyć wpływ scyntylacji.

Stłoczenia

Niedoświadczeni obserwatorzy powinni unikać pól, w którym gwiazdy są bardzo blisko siebie. Bardzo trudno wykonać dokładną fotometrię, gdy gwiazdy nakładają się lub dotykają wzajemnie. Dane zawierające łączny pomiar dwóch gwiazd są na ogół mało użyteczne. W celu oddzielenia dwóch gwiazd, należy korzystać z technik matematycznych, takich jak point spread function (PSF), co wykracza poza zakres tego podręcznika.

Jedynym wyjątkiem od tej reguły jest sytuacja gdy pobliska gwiazda ma liczbę o wartości 1% lub mniejszej niż zmienna w całym jej zakresie. W tym przypadku należy zsumować wielkości gwiazdowe obu gwiazd. Jest to jednak rzadki przypadek w zatłoczonych polach. Co gorsza, zmienne o dużych zakresach (jak Miry) mogą być znacznie jaśniejsze niż pobliskie gwiazdy w maksimum, ale słabsze w minimum. Sprawa ta często prowadzi do skonfundowania innych obserwatorów i w efekcie archiwu AAVSO zawierają wiele „płaskodennych” wykresów krzywej blasku.

Blisko horyzontu

Obserwacji poczynionych nisko nad horyzontem należy również unikać. Obserwuj obiekty tylko wtedy, gdy masa optyczna atmosfery jest mniejsza niż 2,5 (lub wysokość $> \sim 23^\circ$). Gdy światło gwiazdy musi przejść przez grubszy przekrój atmosfery ziemskiej, jej jasność jest zmniejszona. Zjawisko znane jako tłumienie lub ekstynkcja atmosferyczna. Możliwe jest zastosowanie korekty danych, ale jest to skomplikowane, ponieważ tłumienie zmienia się szybko w pobliżu horyzontu. Efekt różni się także w zależności od koloru gwiazd. W pewnych przypadkach trzeba będzie stosować różne wartości dla każdej gwiazdy, nawet w tym samym polu widzenia. Także seeing jest gorszy blisko linii horyzontu. Grubość atmosfery jest definiowana jako masa optyczna atmosfery (airmass). Przez pojęcie masy optycznej atmosfery rozumie się stosunek masy słupa powietrza nachylonego w kierunku danego ciała niebieskiego do masy pionowego słupa powietrza. Masa optyczna atmosfery dla obiektu znajdującego się w zenicie wynosi 1, zaś dla tego na horyzoncie jest bardzo duża.

InfoBlok 4.4 – Obliczanie masy optycznej atmosfery

Masa optyczna atmosfery (X) może być w przybliżeniu obliczona na podstawie równania:

$$X = 1/\cos(\theta)$$

Gdzie θ to kąt zenitalny. Mierzony od zenitu w kierunku horyzontu (zenit = 0° , horyzont 90°).

Altitude (angle above horizon)	Zenith angle (angle from overhead)	Airmass
90°	0°	1.00
60°	30°	1.15
30°	60°	2.00
23°	67°	2.56
20°	70°	2.92
10°	80°	5.76

Przed przesłaniem danych do AAVSO pożądane jest, aby przekazywać dane na temat masy optycznej atmosfery dla każdej obserwacji. Jeśli oprogramowanie nie wylicza go automatycznie lub nie można uzyskać tych danych z oprogramowania typu planetarium, trzeba oszacować kąt zenitalny i obliczyć go samodzielnie (patrz InfoBox 4.4).

Kontrola uzyskanych obrazów

Przed rozpoczęciem pomiarów ważne jest, aby skontrolować jakość materiału, sprawdzając go wizualnie. W ten sposób, staniesz się świadomy potencjalnych problemów związanych z systemem lub procedurami, jak również warunków poza kontrolą, które mogą wpłynąć na ostateczne wyniki. W niektórych przypadkach obrazy będą nadawały się do dalszej obróbki, a w niektórych nie. Tak czy inaczej zaoszczędzi to wiele kłopotów podczas późniejszej próby oszacowania dlaczego dana obserwacja tak bardzo różni się od reszty.

Następnych kilka stron zawiera listę typowych problemów. Przykłady obrazów na których można je zaobserwować znajdują się na stronach 38–40.

Nasycenie

Gwiazdy, które są zbyt jasne dla danego czasu ekspozycji są prześwietlone. Ważne jest, aby pamiętać, że obraz gwiazd może być prześwietlony zanim „zakwitnie” (blooming) na zdjęciu. Aby to sprawdzić sprawdź liczbę ADU w najjaśniejszym centrum gwiazdy. Najlepiej zrobić to dla badanej gwiazdy, jak również dla gwiazdy testowej i wszystkich gwiazd odniesienia. Jeśli liczba ADU dla którejś z nich zbliża się lub przekracza pełną pojemność piksela aparatu (full-well depth), wtedy ta gwiazda jest przesycona i nie powinna być uwzględniona w żadnych pomiarach. Można użyć innej nieprześwietlonej gwiazdy w polu widzenia, o ile jej obraz nie jest zakłócony przez spajki innej.

Problemy związane z filtrami

Koło filtrowe to delikatny sprzęt. Czasami może się zablokować. Filtr zatrzymany w połowie drogi przesłania gwiazdy w części obrazu. Jeżeli koło filtrowe nie kręci się w ogóle, możesz tego nie zauważyć i myśleć, że fotografujesz w określonym kolorze, gdy tymczasem wcale tak nie jest. Może to być trudne do wykrycia i możliwe tylko w przypadku porównania wyników z użyciem innego koła filtrowego. Jeśli coś nie ma sensu, wróć i sprawdź to!

Światło rozproszone

Odbicia od wewnętrznej powierzchni tuby teleskopu lub innych elementów optycznych może spowodować pojaśnienia, pierścienie lub podwójne obrazy, które mogą wpłynąć negatywnie na wyniki. Jest to szczególnie widoczne, kiedy Księżyc jest widoczny na niebie lub jasne gwiazdy lub planety występują w pobliżu pola obrazowania.

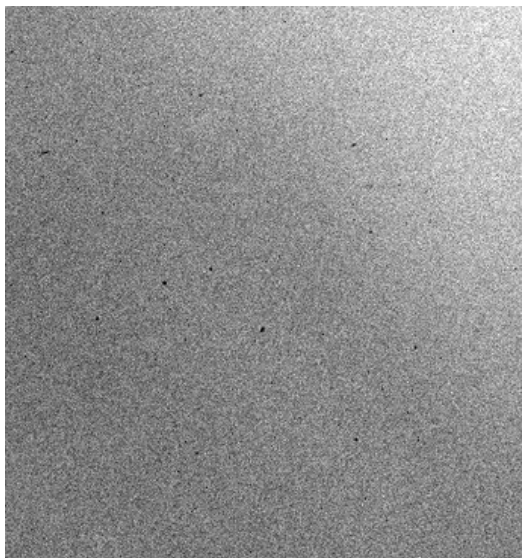


Obrazek 1. Negatyw pokazujący efekt światła rozproszonego Księżyca w prawym górnym rogu.

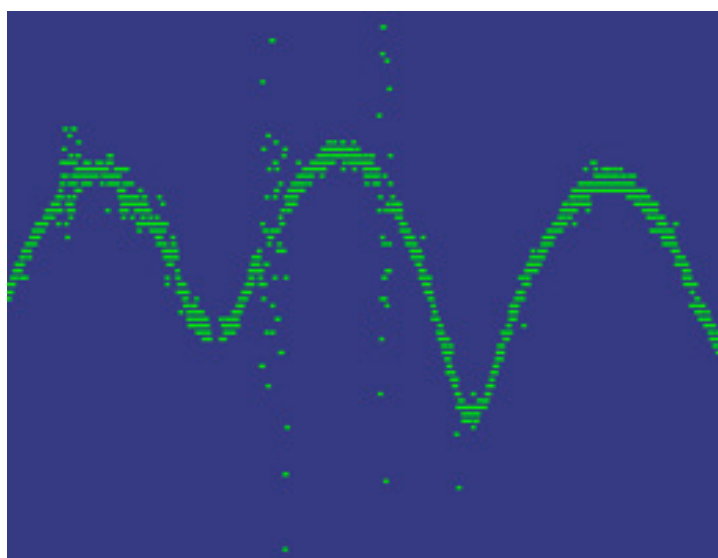
Problemy atmosferyczne

Podczas konfigurowania sprzętu, poświęć kilka chwil, aby przestudiować niebo! Zapisz co widzisz – zwłaszcza jeśli w okóło są chmury – rób notatki na temat seeingu i przejrzystości. Cienką warstwę chmur ciężko zauważyć przy bardzo ciemnym niebie. Należy rozważyć nagrywanie tego, co widać, gdy jest jeszcze wystarczająco jasno (lub już wystarczająco jasno).

Wykrycia cienkiej warstwy chmur na zdjęciach nie zawsze jest łatwe, ale później, podczas studiowania wyników swojej fotometrii, gdy podejrzewasz, że coś może być nie tak, notatki mogą okazać się bardzo przydatne. W rzadkich przypadkach cienka, jednolita chmura może mieć tak duży wpływ na mierzoną gwiazdę i gwiazdy odniesienia oraz ze względu na metodę fotometrii różniczkowej, że cała praca pomiarowa może zostać zaprzepaszczona. Pomimo, że jest to rzadki przypadek, należy spojrzeć na wyniki swoich pomiarów podczas wątpliwych warunków pogodowych z dużą dozą sceptycyzmu.



Obrazek 3. Chmury na negatywie.



Obrazek 4. Krzywa blasku VW Cep pokazująca negatywny wpływ chmur.

Promieniowanie kosmiczne

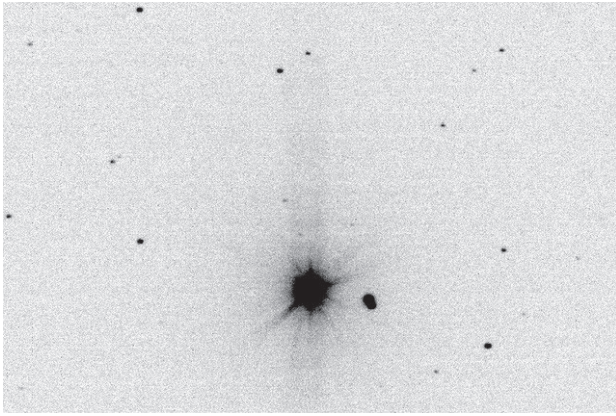
Ślady promieniowania kosmicznego na zdjęciach nie są niczym niezwykłym, zwłaszcza w wypadku obserwacji na wyższych wysokościach. Będą manifestować się jako małe smugi, spirale lub małe, ostre (1–3 piksele) jasne plamki na zdjęciach. Są one przypadkowe i ogólnie nie stanowią problemu. Jeśli jednak ślad pojawi się w świetle gwiazdy lub w bezpośrednim sąsiedztwie, efekt może być zauważalny.

Samoloty/satelity/meteory

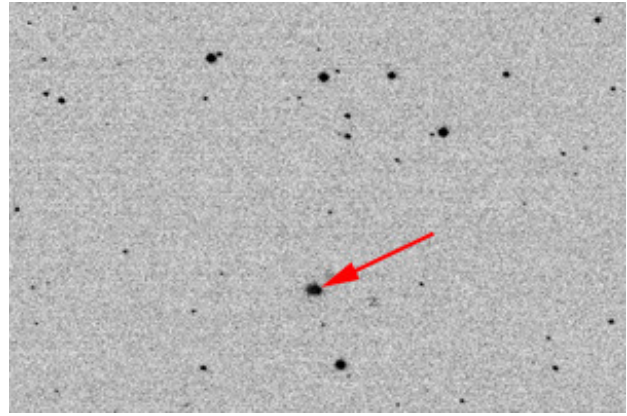
Podobnie jak promieniowanie kosmiczne, ślady samolotów, meteorów i satelitów, które przechodzą przez obraz, nie są problemem, o ile nie znajdują się zbyt blisko mierzonej gwiazdy. Czasem trzeba będzie wybrać inną gwiazdę porównania lub całkowicie odrzucić dany obraz.

„Duchy (RBI)”

Ze względu na charakterystykę pracy kamery CCD, jeśli obrazujesz jasny obiekt, masz szansę uzyskać jego „ducha” w następnym obrazie. Ma to wygląd rozmytej plamy i stopniowo zanika z każdym kolejnym zdjęciem. Artefakty te nie są problemem, o ile nie kolidują z gwiazdą, którą próbujesz mierzyć lub utrudniają identyfikację w polu widzenia. Występują częściej na zdjęciach wykonanych przy użyciu filtra czerwonego (np. RC lub IC). Aby je wyeliminować, rozgrzej kamerę CCD i odczekaj kilka minut, aż obraz zacznie „krwawić”. Potem ponownie schłódź kamerę. Problem powinien zniknąć. Innym możliwym rozwiązaniem jest unikanie jasnych obiektów na skraju pola widzenia.

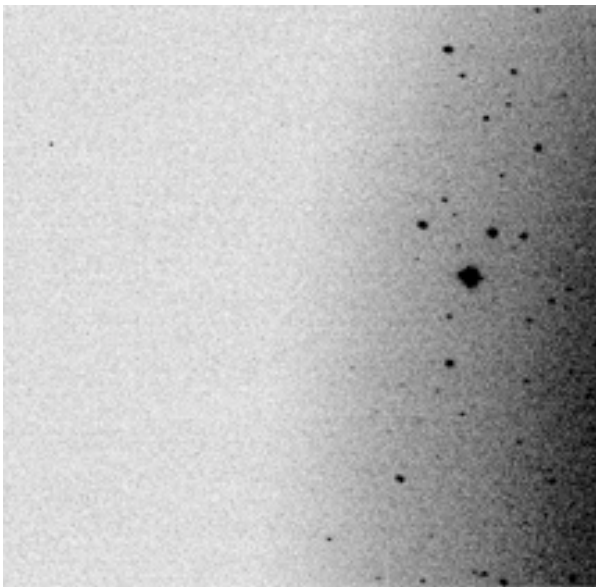


Negatyw pokazujący jasną DY Eri

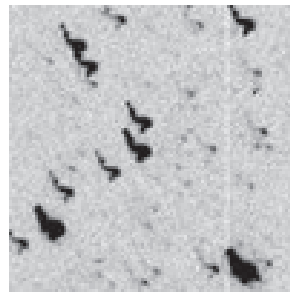


Kolejne zdjęcie z „duchem” DY Eri

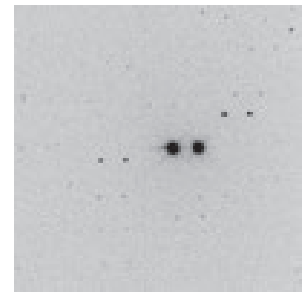
Więcej potencjalnych problemów



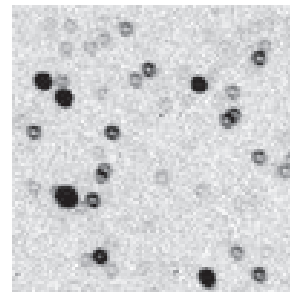
Filtr zablokowany w połowie drogi



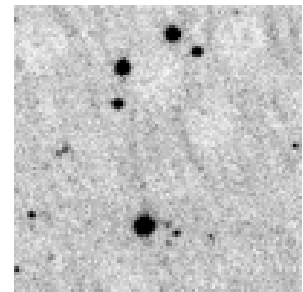
Smugi



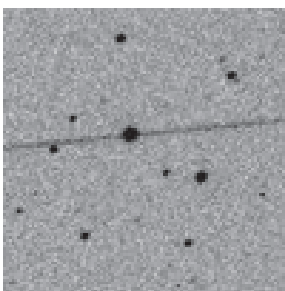
Problemy z trackingiem



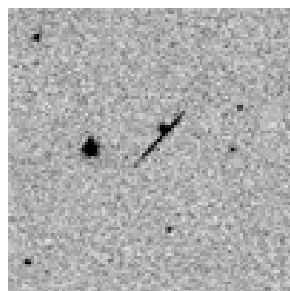
Zła ostrość



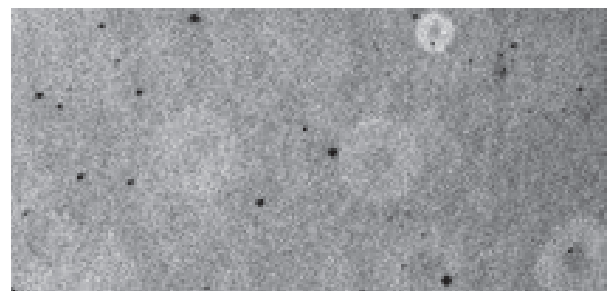
Kryształki lodu



Satelita



Cząstki prom. kosmicznego



Problemy z flatami