

Instrumenty astrofotografii amatorskiej

© Marek Bromirski 2002

Wprowadzenie

Krajowy pasjonat astronomii decydujący się na dokumentowanie własnych osiągnięć obserwacyjnych sięga zazwyczaj po któryś z następujących instrumentów:

- Aparat fotograficzny – uzyskanie akceptowalnych rezultatów wymaga dużych czasów naświetlania, a więc dysponowania precyzyjnym montażem. Za to efekty bywają doskonałe o czym przekonuje choćby przegląd licznych stron internetowych. Kompetentny przegląd problematyki astrofotografii klasycznej zawiera m. in. [1].
- Aparat cyfrowy – niefortunnie najtańsze dostępne na rynku rozwiązania cechuje zintegrowana optyka i automatyczny dobór czasu ekspozycji, zaś generalną wadą wszystkich modeli bez względu na ich cenę są przetworniki o niskiej czułości.
- Kamerę telewizyjną przemysłową – wymagany jest sprzęt umożliwiający regulację czasu naświetlania, a więc relatywnie droższy niż rozwiązania standardowe. Kamery TV stanowią użyteczne narzędzie obserwacji zakryciowych oraz dokumentowania zmienności obiektów gwiazdowych.
- Kamerę internetową – rozwiązanie pozwala na użycie taniego przetwornika CCD, którego czułość można powiększyć drogą prostych przeróbek wydłużających czas ekspozycji. Rozwiązanie najtańsze i zarazem najbardziej uniwersalne.

W zestawieniu tym wyraźnie brak standardowych kamer astrofotograficznych w rodzaju oferowanych przez SBIG i inne podobne firmy. Problem ten stanowi temat na odrębną opowieść, ale pewne jest, że powinien jak najszybciej znaleźć rozwiązanie.

Aparat cyfrowy

Powszechnie uważa się, że typowy aparat cyfrowy o średniej rozdzielczości i możliwościach, a co za tym idzie umiarkowanej cenie, stanowi atrakcyjne narzędzie astrofotografii amatorskiej. Stwierdzenie to można uznać za poprawne jedynie pod warunkiem, że na co dzień posiadany sprzęt jest wykorzystywany zgodnie z jego podstawowym przeznaczeniem, tj. w celu dokumentowania faktu, że kolejne etapy podróży nazywanej potocznie życiem odbywamy w towarzystwie rodziny oraz przyjaciół.

Odrabianie lekcji astrofotografii aparatem cyfrowym rozpoczęło okazyjne nabycie cyfrowej lustrzanki LCD Olympus C-2100 Ultra Zoom, określanej w materiałach firmowych jako rozwiązanie przeznaczone dla zaawansowanych fotoamatorów. C-2100 jest wyposażony w 2.1-megapikselową rejestrującą matrycę CCD o rozdzielczości 1600 x 1200 punktów obrazowych.



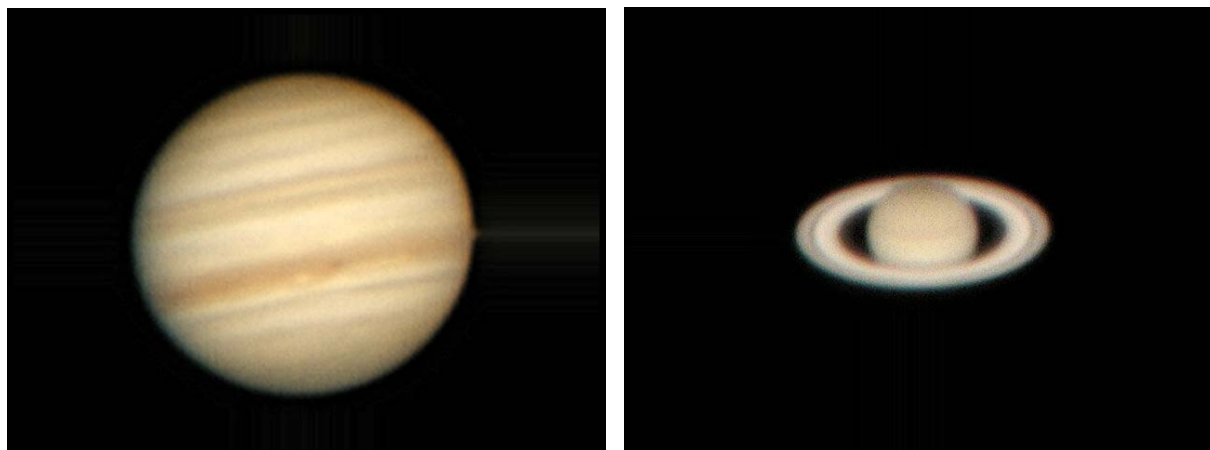
Dokonany wybór okazał się w miarę rozsądny z następujących powodów:

- udostępniania opcji ręcznego ustawiania ostrości;
- możliwości rezygnacji z automatycznego wyboru czułości i czasu ekspozycji;
- korekcji temperatury barwy światła.

Aparat umożliwia ponadto wykonywanie zdjęć sekwencyjnych przy różnych kombinacjach parametrów i jest wyposażony w pilota, który zapewnia eliminację drgań przy wyzwaniu migawki. Niestety, przedstawione zalety nie są w stanie skompensować w pełni następujących niedogodności:

1. Brakuje możliwości odłączania obiektywu – wymusza to korzystanie z projekcji okularowej forsującej z zasady znaczne powiększenia.
2. Czas trwania pojedynczej sesji, w wyniku której otrzymuje się wystarczającą ilość zdjęć fotografowanego obiektu (zazwyczaj ok. 100) jest stanowczo zbyt długi (każdorazowo przepisywanie danych z przetwornika na kartę Smart Media potrafi zająć nawet 5 s). Uciążliwa jest także konieczność wielokrotnego naciskania wyzwalacza w pilocie i okresowego przegrywania danych do komputera.
3. Niedogodności przedstawionych w poprzednim punkcie nie daje się obejść wykorzystując wyjście zespolonego sygnału wideo. Sygnał ten można w teorii „przechwytywać” korzystając choćby z karty tunera TV, ale po pierwsze nie ma sposobu na usunięcie z obrazu „nakładki” w postaci ramki celownika, po drugie zaś próbkowanie odbywa się jedynie z 8 bitową rozdzielczością, co znacząco pogarsza finalną jakość uzyskiwanego obrazu.
4. Relatywnie duży i „źle” rozłożony ciężar utrudnia precyzyjne mocowanie aparatu w osi optycznej teleskopu. W przypadku niewielkiego montażu średniej albo gorszej jakości jego napęd prawie na pewno będzie miał problemy z nadprogramowym obciążeniem.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że wady te nie obciążają w żadnej mierze samego producenta, bowiem wykazują je wszystkie aparaty cyfrowe o porównywalnych parametrach. Ilustracją skali efektów możliwych do osiągnięcia przy wykorzystaniu cyfrowej lustrzanki LCD Olympus C-2100 Ultra Zoom są przedstawione poniżej zdjęcia:



Alternatywę dla rozwiązań zbliżonych parametrami do C-2100 UZ stanowić może aparat z nieco „wyższej półki”. Typowym przedstawicielem tej klasy jest Canon EOS D30. Jak twierdzą producenci jest to najmniejsza i najlżejsza produkowana seryjnie lustrzanka cyfrowa.



Dzięki wyposażeniu w sensor rejestrujący obrazy o rozdzielczości 2160 x 1440 pikseli, gniazdo kart *CompactFlash* typu I i II oraz port USB, EOS D30 może stanowić interesujące uzupełnienie instrumentarium każdego astrofotografa. Na uwagę zasługuje przy tym duży zakres zmian czułości, którą można ustawiać w zakresie od 100 do 1600 ISO. Aparat posiada także funkcję redukcji „szumu” występującego na zdjęciach wykonywanych przy długich czasach ekspozycji. Wyposażenie D30 w wymienny obiektyw sprawia, że jego użytkownik nie doświadcza problemów podczas integrowania aparatu i teleskopu, ale pozostałe, wymienione wcześniej niedogodności pozostają w mocy.

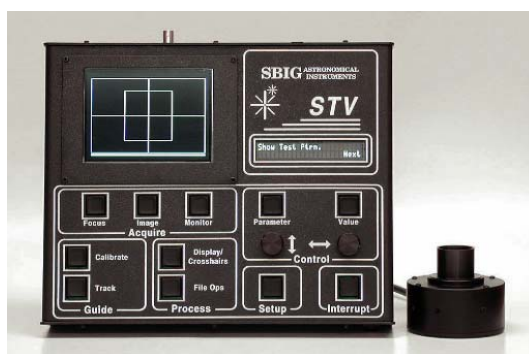
W sumie, użycie aparatu cyfrowego stanowi w pełni satysfakcjonujące rozwiązanie tylko w przypadkach, gdy użytkownika interesuje uzyskiwanie zdjęć planet od Merkurego do Saturna oraz Księżyca. Uwaga ta dotyczy również dostępnych na rynku popularnych kamer wideo.

Przemysłowe kamery TV

Wykorzystanie w astrofotografii kamery TV wymaga wyposażenia posiadanego komputera w kartę przechwytyjącą ramki obrazowe. Karta ta (ang. *Frame Grabber* - FG) może być w najprostszym przypadku typowym tunerem telewizyjnym. Choć rozwiązanie to nie gwarantuje wysokiej jakości obrazu, jest w praktyce często wykorzystywane, głównie ze względów cenowych. Jako jego droższą alternatywę można potencjalnie rozważyć wykorzystanie:

- Specjalizowanych kart FG o lepszych przetwornikach A/C (np. Corona, Meteor, Orion firmy Matrox),
- Zintegrowanych rozwiązań dedykowanych astrofotografii, obejmujących oprócz kamery specjalizowany moduł zdolny do czasowego przechowywania danych obrazowych. Rozwiązanie to eliminuje potrzebę instalowania komputera na stanowisku obserwacyjnym.

Obydwa wymienione podejścia wymagają jednak znacznych inwestycji: cena kart firmy Matrox może osiągać poziom 4 000 i więcej zł, natomiast koszt rozwiązań zintegrowanych oscyluje w okolicach 500 \$, do czego doliczyć trzeba koszty transportu oraz cło.



Zintegrowany system astrofotografii TV

Praktyczną przydatność kamery TV danego typu do celów astronomicznych warunkuje posiadanie przez nią następujących właściwości:

1. możliwość wyłączenia automatyki sterującej wzmacniacza sygnału;
2. wysoka czułość użytego przetwornika;
3. opcja ręcznego ustawiania poziomu oraz kontrastu rejestrowanych obrazów;
4. wyposażenie w mechanizm regulowania czasu pojedynczej ekspozycji.

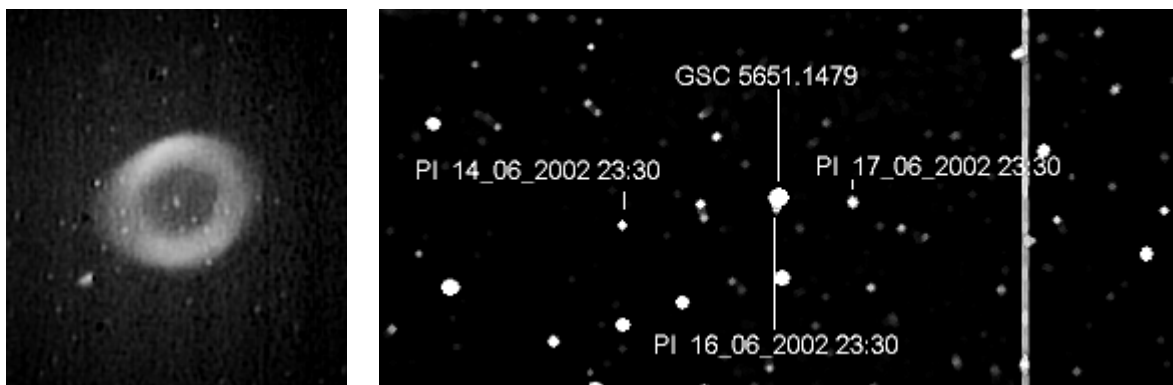
Jeśli kamera nie spełnia warunku 1 to można jej używać jedynie do rejestracji jaśniejszych gwiazd oraz obiektów na powierzchni Księżyca (to drugie pod warunkiem, że niemal cały obraz obejmie teren oświetlony). Równoczesne wypełnianie punktów 1 i 2 rozszerza zakres zastosowań o rejestrację szczegółów na powierzchni Jowisza i Saturna, natomiast opcja 4 (jeśli możliwe wspomagana wypełnieniem warunku 2) otwiera dostęp do dalszych planet, mgławic i obiektów pozagalaktycznych (głębokiego pola). Rzecz jasna o finalnych właściwościach używanego zestawu decyduje w dużym stopniu wielkość apertury teleskopu. Dużym przyrządem i kamerą o niskiej czułości da się „zobaczyć” prawie dokładnie to samo co małym, ale wyposażonym w lepszy element rejestrujący.

Jedną z wielu kamer spełniających w znacznej mierze przedstawione wymagania jest produkt firmy Mintron oznaczony symbolem MTV-1268CD. Typową linię wzorniczą produktów tego dostawcy ilustrują poniższe fotografie:

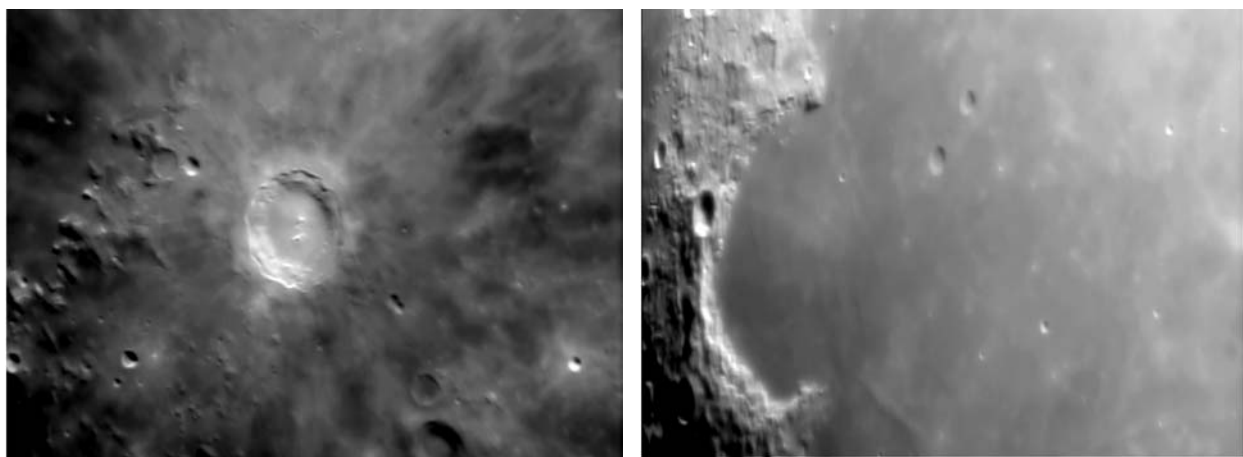


Wybór modelu został dokonany przy uwzględnieniu, że umożliwia on wyłączenie automatycznej regulacji poziomu bieli oraz sygnału zespolonego, a także zdolności do funkcjonowania w tzw. trybie długoczasowym. Choć ostatnia z wymienionych opcji jest realizowana jedynie w trybie automatycznym, a więc nie istnieje możliwość ręcznego doboru czasu ekspozycji, eksperymenty potwierdziły dużą przydatność kamery w przewidywanych zastosowaniach. Na jej pozytywną ocenę wpływa także relatywnie duża rozdzielczość (704 x 528 linii TV) oraz funkcja poprawiania jakości obrazu. Minimalne oświetlenie MTV-1268 w trybie standardowym wynosi 0.05 luksa, zaś po włączeniu trybu określanego przez producenta jako *star light mode* parametr ten osiąga wartość 0.0008 luksa. Ostatnia wartość wynika głównie z dużej efektywności kwantowej przetwornika, bowiem maksymalny narzucony przez automatykę czas ekspozycji wynosi niewiele ponad 1 s.

Efekty uzyskiwane w odniesieniu do obiektów mgławicowych (M57 w Lutni) i dalekich planet (Pluton) ilustrują poniższe fotografie:



Wadę kamery stanowi relatywnie duża ilość defektów matrycy (widocznych wyraźnie na fotografii M57), które ujawniają się zwłaszcza w przypadku dłuższych ekspozycji. Ich występowanie stanowi pewną niedogodność, choć można je maskować wykorzystując standardową technikę „ciemnej ramki” (ang. *Dark Frame – DF*). Ograniczenie to nie posiada natomiast żadnego znaczenia podczas rejestracji obiektów księżycowych. Poziom jakościowy fotografii tego typu pozwalają ocenić poniższe ujęcia:



We wszystkich przypadkach, jako *frame grabber* wykorzystywano kartę tunera TV AVerTV firmy AverMedia.

Kamera internetowa

Typowa kamera w rodzaju oferowanych przez firmę Phillips rozwiązań klasy Vesta stanowi najtańsze rozwiązanie problemu elektronicznej astrofotografii amatorskiej. Przy jej

wykorzystaniu i to bez żadnych przeróbek możliwe jest uzyskiwanie zdjęć relatywnie jasnych obiektów, a w tym Księżyc, planet do Saturna włącznie oraz gwiazd podwójnych i niektórych gwiazdozbiorów.



Parametry kamery Vesta:

Złącze: USB

Rodzaj matrycy: CCD (komórka 6.4 μm)

Maks. rozmiar zdjęć (piksele): 800 x 600

Rozdzielczość zapisu wideo (piksele): 640 x 480

Minimalne oświetlenie: ok. 0.7 luksa

Prędkość zapisu wideo: 5, 10, 15 ramek/s

Zdecydowanie najmocniejszymi stronami Vesty są: przetwornik CCD, a także szeroko upowszechniona metoda modyfikacji sterowania kamery opracowana przez Steva Chambersa, któremu w tym miejscu wypada złożyć podziękowanie. Wprowadzenie zmian pozwala m. in. na przedłużanie czasu ekspozycji do ok. 1 godz. W rozwiązaniu najprostszym, specjalizowany program (np. K3CCD) wyznacza jedynie długość integracji obrazu. Jednak próby wykorzystania tej wersji do realizacji ujęć dłuższych niż powiedzmy 1.5 minuty kończą się niepowodzeniem. Dzieje się tak głównie z powodu negatywnego oddziaływania wzmacniacza odczytu umieszczonego niefortunnie tuż obok matrycy obrazowej. Efekt ten ilustruje przedstawiona poniżej DF, uzyskana dla czasu integracji 5 min.:



DF czas ekspozycji 5 min



Defekty i podświetlenie pola

Stale i dodajmy niepotrzebne zasilanie wzmacniacza w trakcie ekspozycji powoduje, że sąsiadujący z nim region matrycy zostaje przedwcześnie „nasycony” w wyniku efektu elektroluminescencji, co uniemożliwia poprawną reakcję na promieniowanie fotografowanych obiektów¹. Jednakże nawet w przypadku znacząco krótszych czasów ekspozycji przetwornik Vesty nie zawsze funkcjonuje zadawalająco. Pokazana po prawej stronie klatka (w tle można się dopatrzeć mgławicy Ślimak – NGC 7293) została naświetlona w sierpniu 2002 roku, w niemal idealnie ciemnej okolicy mazurskiej miejscowości Kiełbonki. Niestety miesiąc ten nie zapisze się dobrze w historii astrofotografii z powodu pożaru torfowisk Biebrzańskiego Parku Narodowego². Dym, który nawiasem mówiąc docierał aż do

¹ Po kolejnej przeróbce istnieje możliwość zdalnego wyłączenia wzmacniacza

² Oficjalnie, w mediach utrzymywano, że torf pali się na Ukrainie (odwet za Czarnobyl ???).

samej Warszawy, rozpraszał promieniowanie podczerwone stygnącego nocą gruntu na tyle skutecznie, że uzyskiwane obrazy cechował nieodmiennie bardzo niski stosunek sygnału do szumu.

Z reguły przetwornik Vesty nie jest optymalizowany do funkcjonowania w trybie wydłużonej ekspozycji, stąd wykazuje znaczną ilość defektów w postaci tzw. gorących pikseli (ang. *hot pixels*) widocznych jako „śnieg” na całej powierzchni kadru. Ich ilość rośnie szybko wraz z czasem integracji, ograniczając jakość uzyskiwanych obrazów. Paradoksalnie szczególnym problemem jest w tym przypadku zbyt dobre prowadzenie teleskopu – gdy jest ono idealne, w wyniku składania klatek otrzymuje się liczne białe plamki bez możliwości wypełnienia ich rzeczywistą treścią. Innym, jeszcze bardziej istotnym problemem jest mała rozdzielczość cyfrowego kodowania obrazu. Ośmiobitowe próbki każdego z kolorów podstawowych (3 x 8 = 24 bity/próbkę) nie wystarczą do uzyskania dynamiki odwzorowania akceptowanej choćby w świecie fotografii prasowej, ale do rejestrowania własnych osiągnięć nadają się w zupełności. Typowe efekty uzyskiwane przy wykorzystaniu Vesty ilustrują poniższe ujęcia:



Księżyc



M 106

Reasumując, mimo wszystkich podnoszonych wcześniej zastrzeżeń, Vesta w wersji SC stanowi atrakcyjne rozwiązanie, umożliwiające niemal bezpłatne odbycie praktyki przygotowującej do użytkowania typowych kamer astrofotograficznych.

Wnioski końcowe

Analiza zawartych w opracowaniu informacji umożliwia sformułowanie generalnych scenariuszy postępowania w przypadku użycia każdego z uwzględnionych przetworników.

Scenariusz 1 – posiadasz lub decydujesz się na zakup aparatu cyfrowego:

Wariant A – cyfrowka posiada obiektyw zespolony.

Starannie projektujesz, a potem wykonujesz (zamawiasz) odpowiedni uchwyt, umożliwiający stabilne zgranie osi optycznych aparatu i teleskopu. Pamiętaj, że posiadane okulary mają różną długość, zaś aparat musi się dać odłączać wielokrotnie i do tego w ciemnościach. Upewniasz się, że aparat nie wywróci statywu (baczność posiadacze teleskopów ETX !).

Wariant B – obiektyw daje się odłączać.

Zaopatrujesz się w przejściówkę standardu producenta Twojego aparatu na M42 (od kultowego Zenita). Jej posiadanie sprawia, że w 99 % przypadków właśnie rozwiązałeś wszystkie obecne i przyszłe problemy z mocowaniem.

A teraz wszyscy razem:

Do zapadnięcia zmierzchu masz jeszcze trochę czasu – jeśli nie bawi Cię używanie teleskopu do pstrykania fotek w rodzaju przedstawionej poniżej, zadбай o zewnętrzne zasilanie aparatu, ponieważ baterie lub akumulatory na całą noc na pewno nie wystarczą.



Poćwicz ustawianie ostrości. Szybko dojdiesz do wniosku, że wbudowany ekran jest tu nieprzydatny, nawet jeśli można go odchylać. Ściągnij na stanowisko podręczny monitor i połącz go z wyjściem *composite video*. Właściwa ostrość to 100 % sukcesu. Sprawdź jak Ci idzie ustawianie czasu naświetlania i posługiwanie się pilotem (prawdziwy rewolwerowiec zawsze strzela do butelek). Jeśli jesteś gotowy zaczynaj i niech Moc zawsze będzie z Tobą.

Scenariusz 2 – masz kamerę TV

Wariant A – nie chcesz ruszać z miejsca komputera z frame grabberem

Zaopatrujesz się w rozgałęźnik sygnału wideo i kombinujesz odpowiednią liczbę kabelków. Obok teleskopu instalujesz monitor do ustawiania ostrości oraz wstępnego poszukiwania celu. Długim kablem doprowadzasz sygnał na stanowisko operacyjne. Trzeba trochę biegać ale efekt jest murowany.

Wariant B – komputer z frame grabberem stacjonuje obok teleskopu

Realizujesz wariant A, z tym że długi kabel może być teraz krótszy. Monitor i tak się nada do precyzyjnego ustawiania ostrości.

Przygotowania kończy upewnienie się, że sygnał dociera wszędzie gdzie powinien.

Scenariusz 3 – dysponujesz Vestą SC

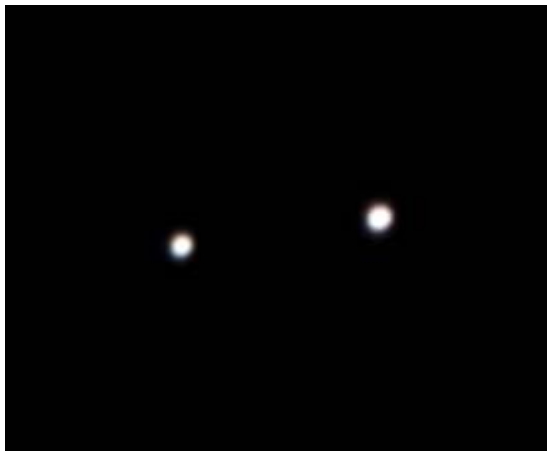
Komputerowy monitor (albo laptop) stawiasz tak, by ustawiając ostrość mieć ekran przed samym nosem (świetny jest barek na dużych kółkach). Najpierw dołączasz kabel do portu drukarki, a potem USB. Odpalasz oprogramowanie (np. K3CCD) i ćwiczysz ostrość na jasnych gwiazdach w pobliżu celu.

Jeśli obiekt jest za słaby by zobaczyć go na ekranie bez wydłużania ekspozycji musisz podążać w jego kierunku skokami (od gwiazdki do gwiazdki). Działanie to warto zawczasu poćwiczyc; osobiście używam jako mapy programu „*Hallo northern sky*” (HNSKY),

włączając w razie potrzeby bazę GSC (obraz z kamery i mapa muszą mieć zbliżone skale oraz jednakową orientację w obydwu osiach).

Jeśli obraz na ekranie monitora zorientowany jest tak, by ruch powodowany użyciem pilota teleskopu lub mikroruchów odbywał się w głównych kierunkach, tj. góra-dół i prawo-lewo (północ zawsze na górze), sprawa staje się prosta. Po zgrubnym ustawieniu we właściwym kierunku zaczynamy „krażyć” po niebie aż do wychwycenia układu gwiazd możliwego do identyfikacji na mapie. Teraz pozostaje tylko ustalić marszrutę i przesuwać skokami pole widzenia, upewniając się po każdym ruchu, że wiemy gdzie jesteśmy. Na początku często zdarza się zablądzić, ale nie jest to powód do zmartwień - zawsze można rozpocząć zabawę od początku.

Na koniec niewielkie ćwiczenie praktyczne dla posiadaczy dowolnego sprzętu: spróbujmy odnaleźć, a może i sfotografować przedstawione poniżej obiekty Messiera. Nawet jak się od razu nie uda, to i tak zabawa będzie znakomita.



M 40



M 76

Literatura

- [1] W. Skórzyński, *Astrofotografia, czyli jak i czym fotografować nocne niebo i ciała niebieskie*, Prószyński i Spółka, Warszawa, 1998.
- [2] Instrukcje obsługi i dokumenty techniczne rozmaitych urządzeń.
- [3] Liczne witryny internetowe