

Astronomia CCD za 3gr

Grzegorz Wrochna
Instytut Problemów Jądrowych

Delta 2/2002 i 4/2002

Urania-PA 1/2002 i 2/2002

<http://hep.fuw.edu.pl/~wrochna/astro>

Trudności w popularyzacji nauki

W ostatnich latach w Polsce:

- Szersze perspektywy dla młodych ludzi poza nauką
- Programy nauczania okrojone przez reformę
- Zredukowana liczba godzin przedmiotów ścisłych
- Ogłupiające działanie gier komputerowych

Co może naukowiec — amator?

Powiększający się dystans między profesjonalistami a amatorami — w nauce dominują dziś wielkie eksperymenty przygotowywane przez wiele lat przez setki/tysiące ludzi.

Niemożliwe staje się pokazanie na żywo, czy odtworzenie istotnych dla nauki eksperymentów i obserwacji.

Czy miłośnikom astronomii pozostaje więc jedynie śledzenie doniesień prasowych o ważnych odkryciach i oglądanie zazdrosnym okiem zdjęć z wielkich teleskopów?

Nie poddawajmy się tak łatwo!

Kamery CCD

Postęp techniczny przynosi amatorom nowe możliwości.

Amatorskie astronomiczne kamery CCD kosztują >1000\$.
To wciąż za dużo jak na przeciętnego miłośnika w Polsce.

Pomysłowość ludzka nie zna jednak granic.

Coraz więcej, coraz tańszych urządzeń powszechnego użytku zawiera sensory CCD:
kamery wideo, systemy bezpieczeństwa, domofony, kamery internetowe itp.

Okazuje się, że tego typu urządzenia coraz powszechniej wykorzystywane są przez miłośników astronomii.

Ich arsenał przywodzi na myśl słynne „zawody w pływaniu na byle czym”.

Zamiast więc marzyć o kamerach za tysiące \$\$, fotografujemy niebo byle czym!

Przepis jest prosty:

- zdobądź byle jaką kamerę internetową (webcam),
- dołącz do niej byle jaki obiektyw,
- umocuj na byle czym
- i podłącz do byle jakiego komputera.

Rezultaty mogą być nie byle jakie.

Kamera internetowa + teleskop

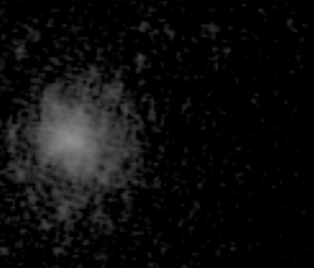


Jowisz



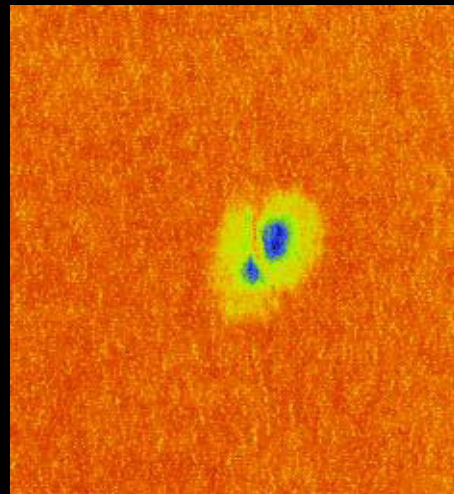
Saturn

M15

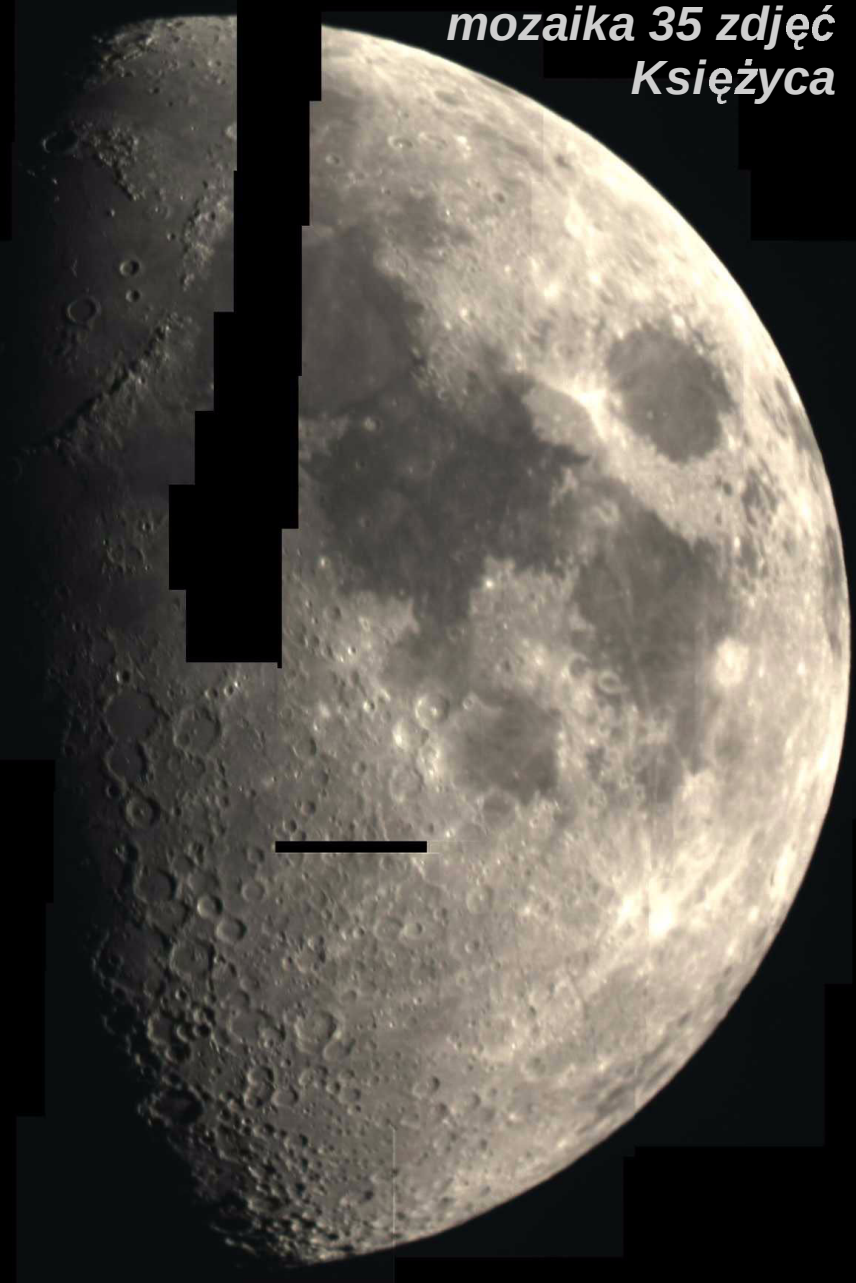


Plamy na Słońcu

Sztuczne barwy lepiej oddają różnice temperatur



*mozaika 35 zdjęć
Księżyca*



Kamera internetowa + teleskop



Michał Kałużny, Cassegrain 8", $f = 3500$ mm, Philips Vesta Pro

Pokazy z kamerą

Pokaz tradycyjny:

- kolejka do teleskopu
- “gdzie ten obiekt jest na niebie?”



Rozwiązanie:

obraz z kamery i mapa nieba na ekranie komputera lub rzutnika

Kamera internetowa
obiektyw f=50mm, f/2
3° x 4°

Plejady

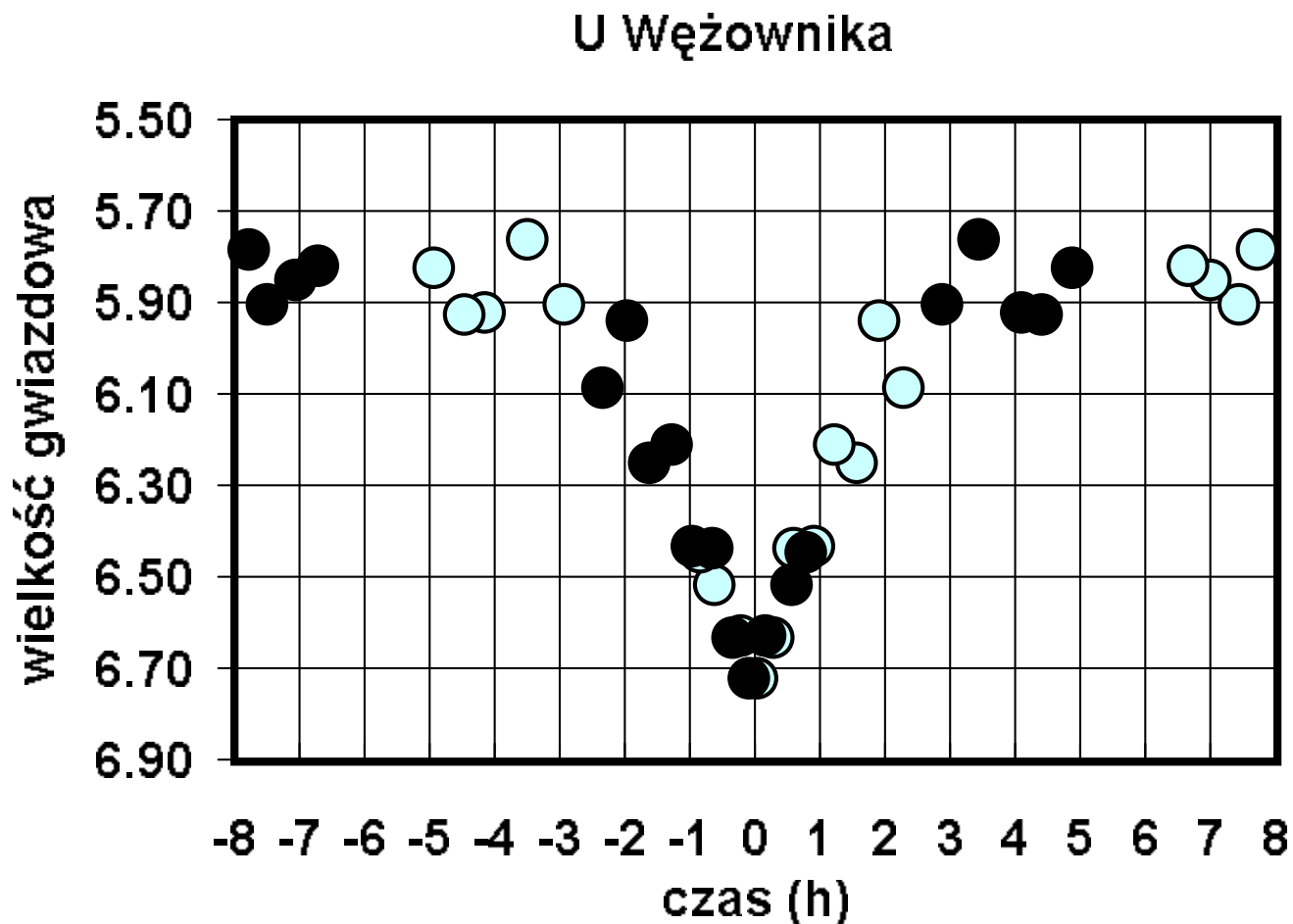
42
44
45
Uran

Neptun

Vesta

Pomiar jasności gwiazd

Krzywa blasku układu U Oph



Dwie gwiazdy o podobnej wielkości i jasności okrążają się po ciasnej orbicie.

Z Ziemi widać je jako jeden obiekt, którego blask spada o połowę w regularnych odstępach czasu.

Kamera internetowa (webcam)

Dowolna kamera internetowa z sensorem CCD

Sensory CMOS mają mniejszą czułość

Wady:

- krótkie czasy naświetlania (zwykle $<1s$)
- duże szумы

Zalety:

- niska cena (200-400zł)
- łatwość współpracy z komputerem

Przykład:

- Philips Vesta PCVC675K
- sensor o przekątnej 1/4"
- 640 x 480 piksli, każdy $5,6 \mu m \times 5,6 \mu m$
- czasy: 1/1000 - 1/5 s
- odczyt: 8 bitów * 3 kolory / piksel



Kamera internetowa + teleskop

Wady:

- cena teleskopu
- małe pole widzenia
- do słabszych obiektów konieczny mechanizm prowadzący

Zalety:

- duże powiększenia
- idealny układ do fotografowania Słońca (z filtrem), Księżyca i planet

Przykład:

- Celestron 8, $\phi=20\text{cm}$, $f=2\text{m}$
- pole widzenia $6' \times 4,5'$ (Słońce i Księżyc $\sim 30'$, Jowisz i Saturn $\sim 1'$)
- konieczność prowadzenia dla $t > 1/50 \text{ s}$

Wskazówki:

- do Księżyca przydatna soczewka $f=2\text{-}5\text{cm}$ redukująca ogniskową
- do planet przydatna soczewka Barlowa wydłużająca ogniskową (powiększająca) 2x
- złączka ASTROKRAK do kamer Philipsa i teleskopu 1,25" - 35zł + VAT

<http://astrokrak.pl>



Kamera internetowa + obiektyw foto

- Bardzo niska cena
- Zbędny mechanizm prowadzenia
- Można umocować na statywie fotograficznym
- Stosunkowo duże pole widzenia

Znakomity układ do

- obserwacji zakryć
- rejestrowania pozycji asteroid i planet
- pomiarów blasku gwiazd

Przykład:

- obiektyw Zenith $f=50\text{mm}$, $f/2$, gwint M42
- cena w komisie 30zł !
- pole widzenia $4^\circ \times 3^\circ$
- zasięg do 10^m
- pomiar blasku gwiazd do 7^m z precyzją $0,1^m$

Wskazówki:

- obiektywy bagnetowe trudniejsze do zamocowania
- złączka ASTROKRAK do kamer Philipsa i obiektywów M42 - 35zł + VAT



Hardware + software

Hardware

- **dowolny PC ze złączem USB** (można dokupić kartę PCI/USB >55zł)
- **starsze kamery wykorzystywały port LPT**

Software (Windows 95/98/Me/NT/2000/XP, Linux)

- **rejestracja obrazu**
 - dowolny program rejestrujący pliki BMP lub AVI
- **obróbka wstępna**
 - redukcja szumu, dodawanie klatek itp.
- **analiza danych**
 - rozpoznawanie gwiazd
 - astrometria - pomiar położenia
 - fotometria - pomiar jasności
- **prezentacja graficzna**
 - dowolny program do obróbki zdjęć
- **programy pomocnicze**
 - interakcyjne mapy nieba (planetaria)
 - planowanie obserwacji itp.

<http://hep.fuw.edu.pl/~wrochna/astro>

Fotografowanie Księżyca i planet

Zwykle nie brakuje nam światła i szum nie jest bardzo istotny.

Największym problemem jest *seeing*.

- Ustawiamy średnie wzmocnienie
- Dobieramy czas naświetlania tak, aby najjaśniejsze piksele miały wartość zbliżoną do 255.
- Rejestrujemy wiele (~100) klatek
- Wybieramy najostrzejsze (kiedy *seeing* był najlepszy)
- Nakładamy je na siebie (suma, średnia lub mediana) uwzględniając ew. przesunięcie
- Poprawiamy ostrość (*unsharp mask*)
- Dobieramy kontrast, jasność i kolory



pojedyncza klatka



efekt końcowy

Kuchnia CCD - “ciemna klatka”

Prąd upływu i offset wzmacniacza mogą wyprodukować jasne tło i sztuczne gwiazdy. Pozbywamy się ich odejmując *ciemną klatkę* (ang. *dark frame*) wykonaną przy zasłoniętym obiektywie.

Zdjęcie wykonane o północy, $t=10s$.

Zmodyfikowana kamera Vesta z oryginalnym obiektywem $f=6mm$.



Fotografowanie i pomiary gwiazd

na przykładzie kamery Philips Vesta z obiektywem $f=50\text{mm}$

Fotografowanie

- ustawiamy **5 klatek/s**, wzmocnienie i czas na **AUTO**
- zapisujemy ~100 klatek obrazu - **niebo.avi**
- zapisujemy ~100 klatek z zasłoniętym obiektywem - **ciemno.avi**

Obróbka wstępna

- przygotowujemy ciemną klatkę **ciemno.bmp** nakładając klatki z **ciemno.avi** dla każdego piksla licząc średnią arytmetyczną lub - lepiej - medianę z wszystkich klatek
- od każdej klatki obrazu **niebo.avi** odejmujemy ciemną klatkę **ciemno.bmp**
- nakładamy na siebie (licząc średnią) wszystkie “odjęte” klatki, uwzględniając przesunięcie spowodowane obrotem Ziemi

Prezentacja graficzna

- dobieramy jasność i kontrast

Analiza fotometryczna

- liczymy jasność aparaturową danej gwiazdy sumując piksele tworzące jej obraz
- przeliczamy na standardowe jednostki porównując ze znanymi gwiazdami

**1. pojedyncza
klatka**



2'.nałożenie



**1'. rozjaśnienie
nie pomaga**



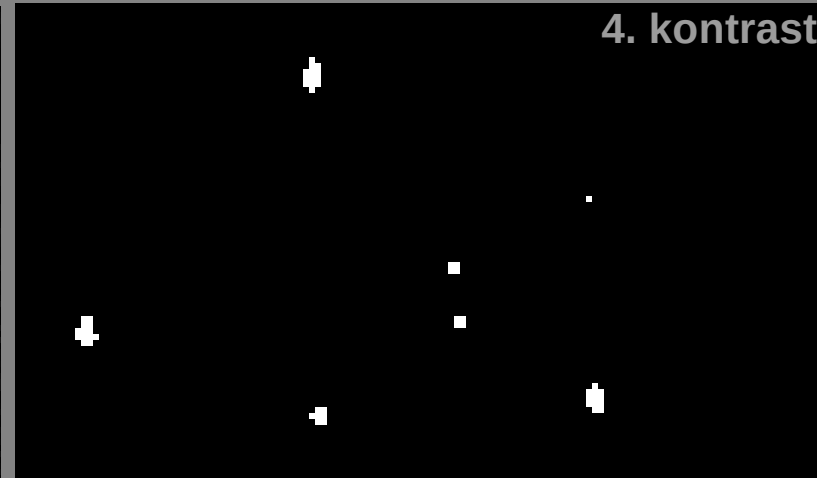
**3. nałożenie
+przesunięcie**



**2. odjęcie
ciemnej klatki**



4. kontrast



Jak obserwować zmienność gwiazd

Pomiary krótkookresowe

- wybieramy kilka krótkookresowych gwiazd
- wykonujemy kilka pomiarów na noc śledząc ruch gwiazd
- w ciągu kilku(nastu) dni - pełne krzywe blasku kilku gwiazd

Pomiary długookresowe

- mierzymy wiele gwiazd każdej nocy
- wykonujemy po jednym pomiarze danej gwiazdy na noc
- po kilku miesiącach - pełne krzywe blasku wielu gwiazd

Długookresowe pomiary automatyczne (“balkonowy ASAS”)

- pozostawiamy kamerę nieruchomą
- z obrotem Ziemi “przemiatamy” pas o szerokości $\sim 4^\circ$
- inteligentne oprogramowanie może wykonywać automatycznie pomiary bardzo wielu gwiazd

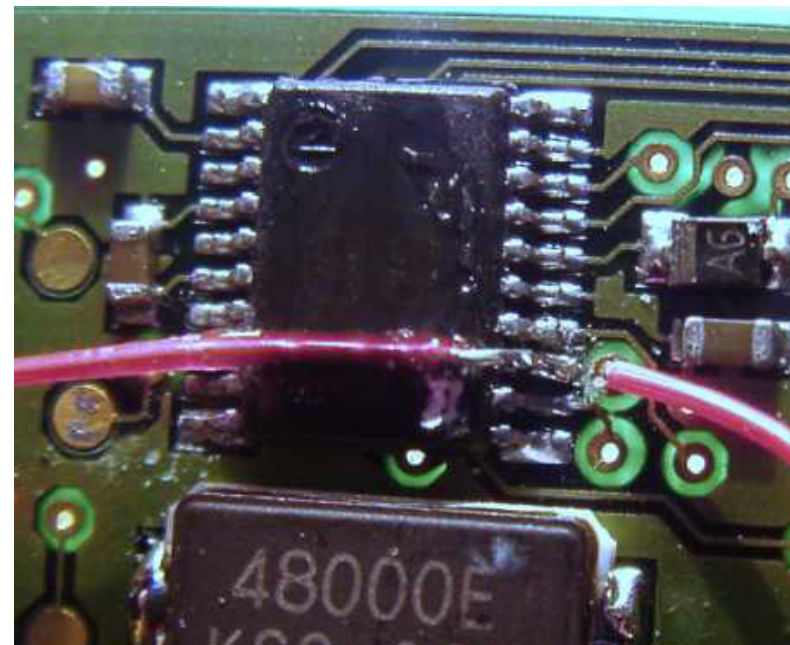
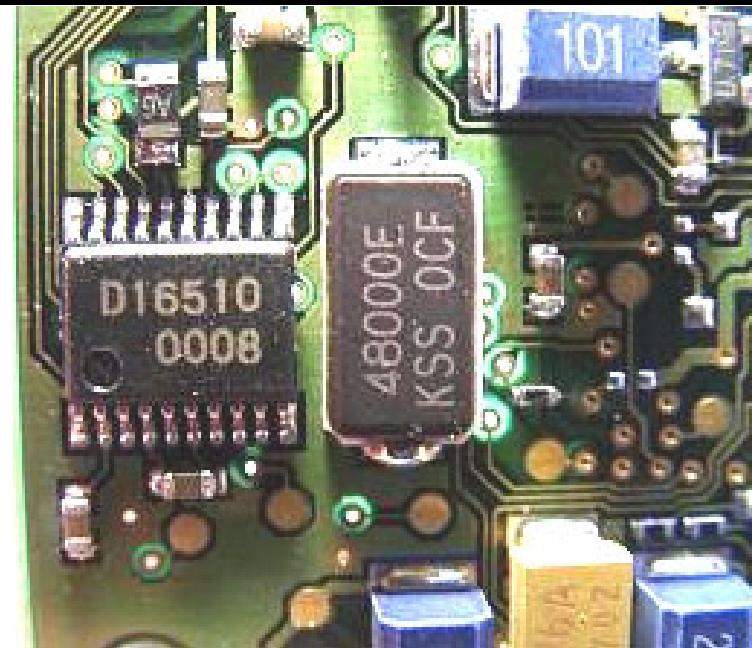
Przeróbka Vesty na długie ekspozycje

Przeróbka jest tania (~10 zł) i prosta,
ale wymaga dobrej lutownicy
i sprawnej ręki elektronika.

Spore ryzyko uszkodzenia kamery!

<http://home.clara.net/smunch/wintro.htm>

<http://sweiller.free.fr/VP-SC.html>



DŁUGIE CZASY

Zmodyfikowana kamera

Philips Vesta Pro

Celestar 8, $f = 2000$ mm

redukcja/2



M51, 6x20s

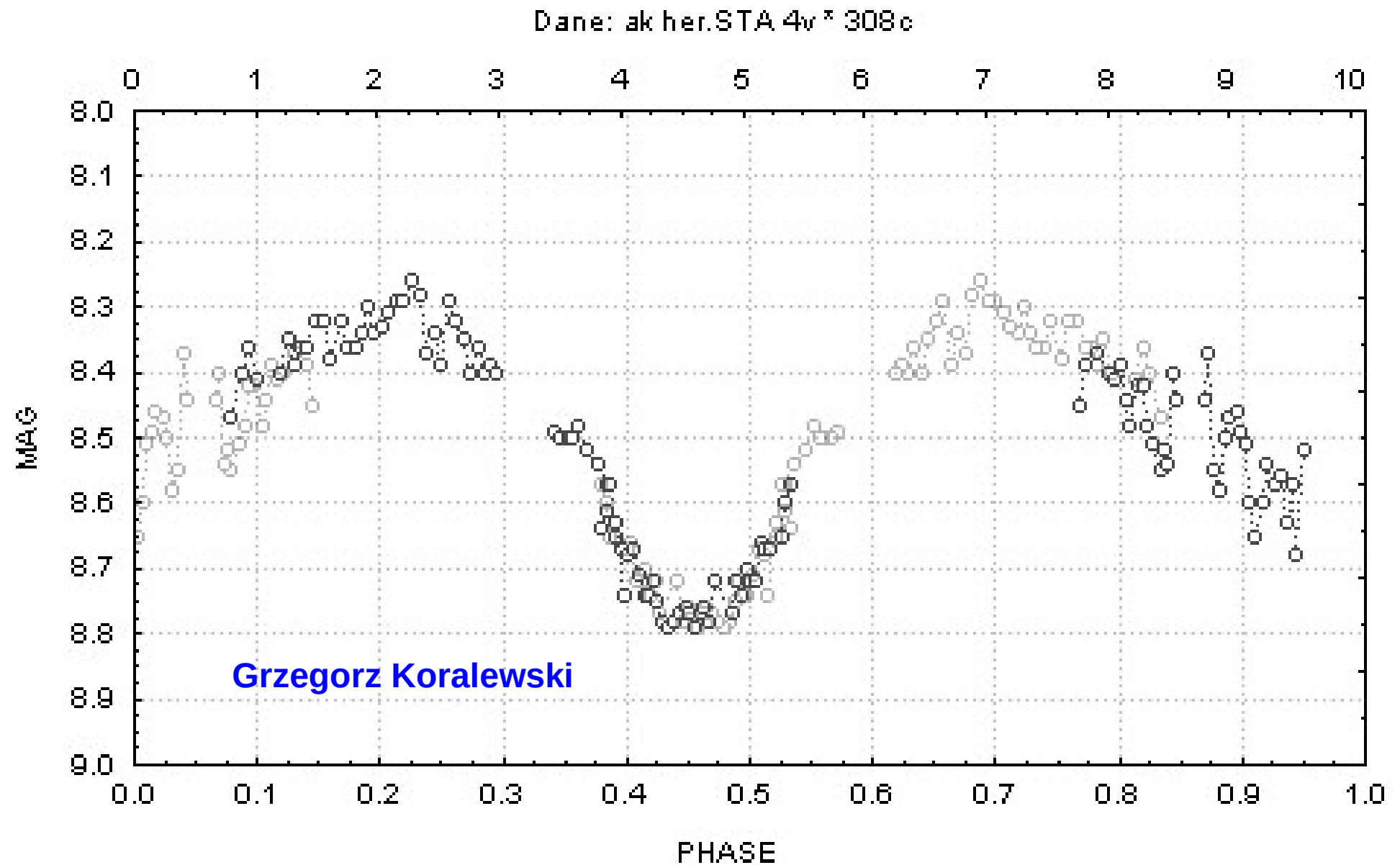


M57, 12x10s + 5x20s



M3, 13x5s

Krzywa blasku AK Her, f=135mm, każdy punkt = 20x4s



Odkrywamy gwiazdy nowe

- W roku 2001 zaobserwowano 8 wybuchów gwiazd nowych
- 5 z nich jaśniejszych niż 8^m , a więc w zasięgu naszego sprzętu
- 2 odkrył amator posługujący się tylko lornetką (+1 w 2000)
- dokonał tego, gdyż zapamiętał kilkaset konfiguracji gwiazd
- znakomite zadanie dla komputera
- pole do popisu dla pasjonatów programowania
- zamiast tracić czas na głupie gry komputerowe wyruszmy na prawdziwe Gwiazdne Łowy
- co 1,5 miesiąca nowa gwiazda nowa czeka na odkrywcę
- być może znajduje się on właśnie na tej sali

Zalety dydaktyczne

Cena <500zł - zestaw osiągalny niemal dla każdego

Zdjęcia Księżyca i planet — duża atrakcja

“Małe obserwatorium fotometryczne” —

- zachęca do poszerzania wiedzy astronomicznej
 - niebo, współrzędne, astrofizyka gwiazd zmiennych itp.
- zapoznaje z podstawami obróbki astronomicznych zdjęć cyfrowych
 - dark frame, flat field itp
- uczy analizy danych
 - sygnał / szum, kalibracja, błędy statystyczne i systematyczne
- rozwija umiejętności informatyczne
- daje szansę na odkrycie gwiazdy nowej lub planetoidy
- może służyć jako trening przed pracą z “prawdziwym” CCD