

# Kamera internetowa: prosty instrument astronomiczny

Dr Tomasz Mrozek  
Instytut Astronomiczny  
Uniwersytet Wrocławski

# Detektory promieniowania widzialnego



## Detektory promieniowania widzialnego



oko



błona  
fotograficzna



fotopowielacz

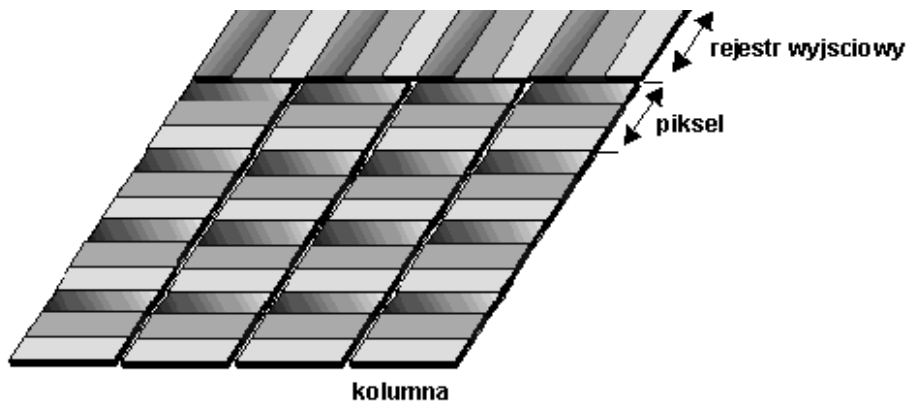
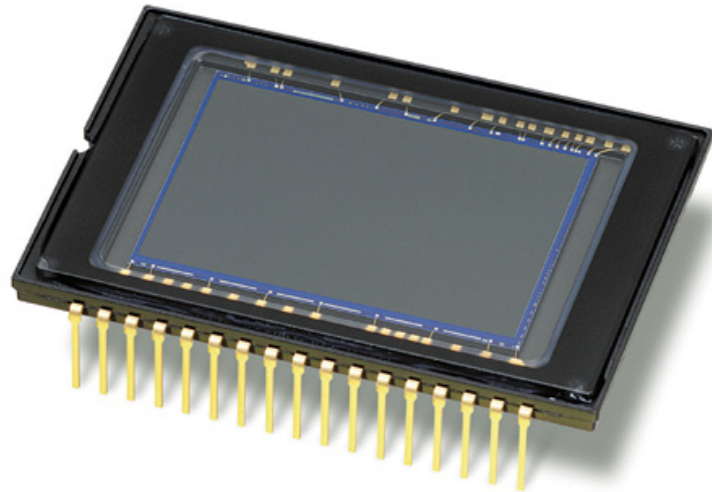


CMOS



CCD

# Charge Coupled Device – CCD



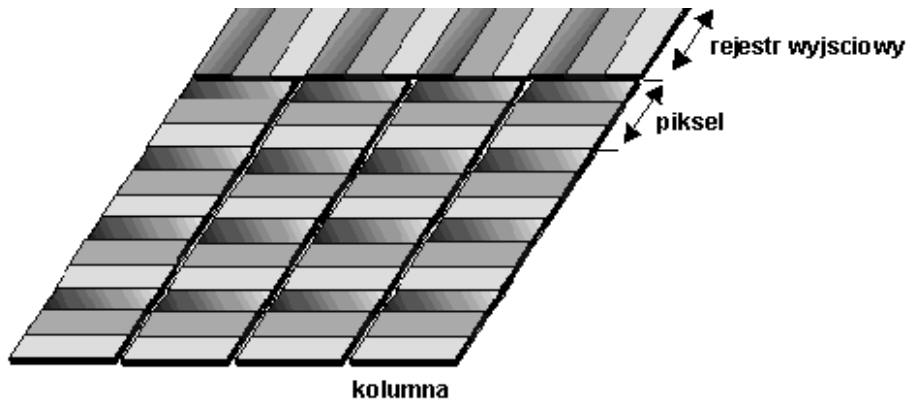
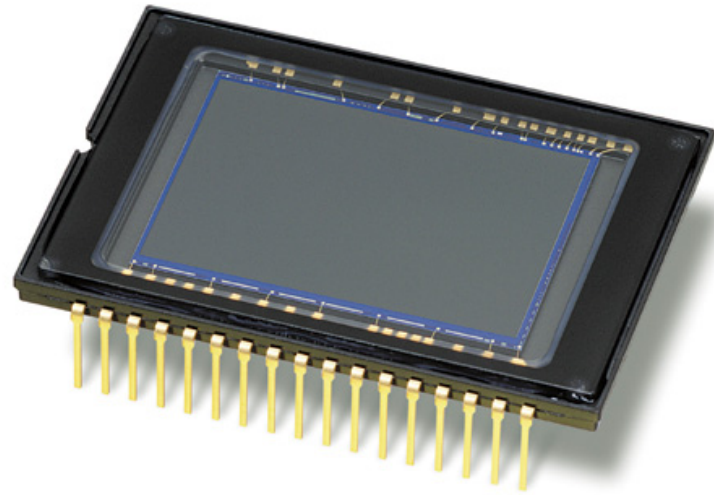
-duża wydajność kwantowa

-zakres dynamiczny

-liniowość

-zapis w postaci cyfrowej

# CCD



-Kamerki internetowe  
(niektóre)

-Aparaty cyfrowe

- Astrokamery

# Prosty zestaw do astrofotografii



**Obiektyw**



**Reduktor**



**kamerka  
(CCD i  
możliwość  
wykręcenia  
obiektywu)**

**Statyw fotograficzny**





# Zestaw nr 1. Obserwacje Słońca i Księżyca

- Kamera internetowa 200 zł
  - Adapter do obiektywów fotograficznych 50 zł
  - Obiektywy 20 – 300 zł
  - Komputer
  - Oprogramowanie
  - Statyw fotograficzny 40 zł
- Razem: 300 – 600 zł

# Gdzie znaleźć?



<http://www.astrokrak.pl/sklep/>

[http://www.allegro.pl/8845\\_fotografia.html](http://www.allegro.pl/8845_fotografia.html)

<http://www.astrocam.org/english.htm>

<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>



# Jakie obiektywy?



ok.  $0.5^\circ$

- oryginalny obiektyw kamery o ogniskowej 4.9mm, pole widzenia:  $43^\circ \times 33^\circ$
- obiektyw o ogniskowej 58mm, pole widzenia:  $3.82^\circ \times 2.78^\circ$
- obiektyw o ogniskowej 135mm, pole widzenia:  $1.64^\circ \times 1.19^\circ$
- obiektyw o ogniskowej 500mm, pole widzenia:  $0.44^\circ \times 0.32^\circ$

$$\vartheta = 2 \arctg \frac{d_{\text{kam}}}{2f_{\text{ob}}} \quad [\text{rad}]$$



# Obróbka zdjęć

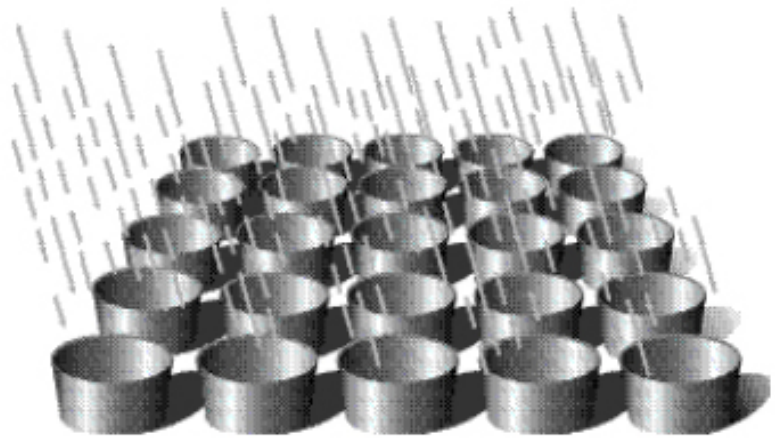
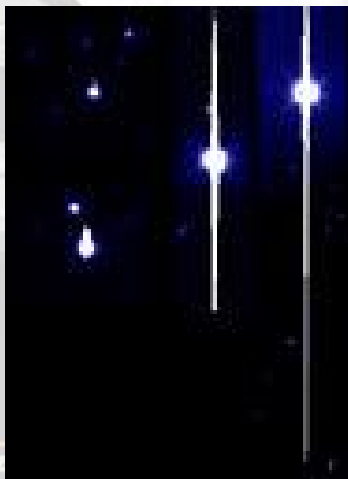


Fig. 3. The pixels of a CCD collect light and convert it into electrons.



CCD można wyobrazić sobie jako macierz zbiorników na elektrony.

W takim zbiorniku mogą się pojawiać dodatkowe elektrony, które nie są produkowane przez padające promieniowanie.

Poza tym zbiorniki mogą być dziurawe, źle posprzątane, z zatkanym odpływem, mogą się przepełniać itd.

# Dark frame



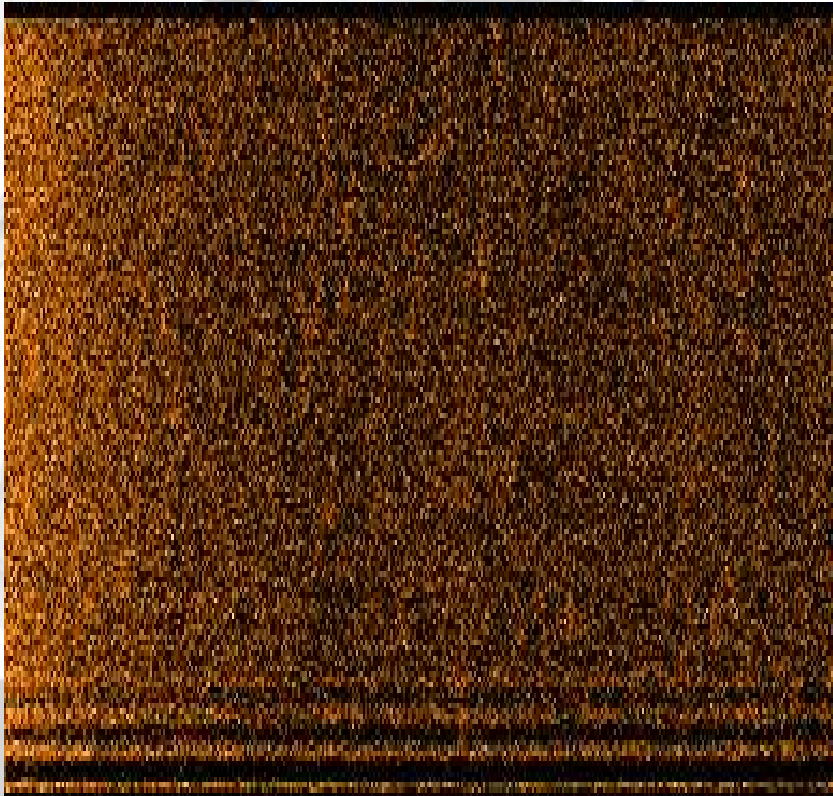
obiektyw zamknięty

wykonana bezpośrednio po lub przed danym zdjęciem

czas ekspozycji równy czasowi z jakim było otrzymane właściwe zdjęcie

jest odejmowana od oryginalnego zdjęcia

# BIAS



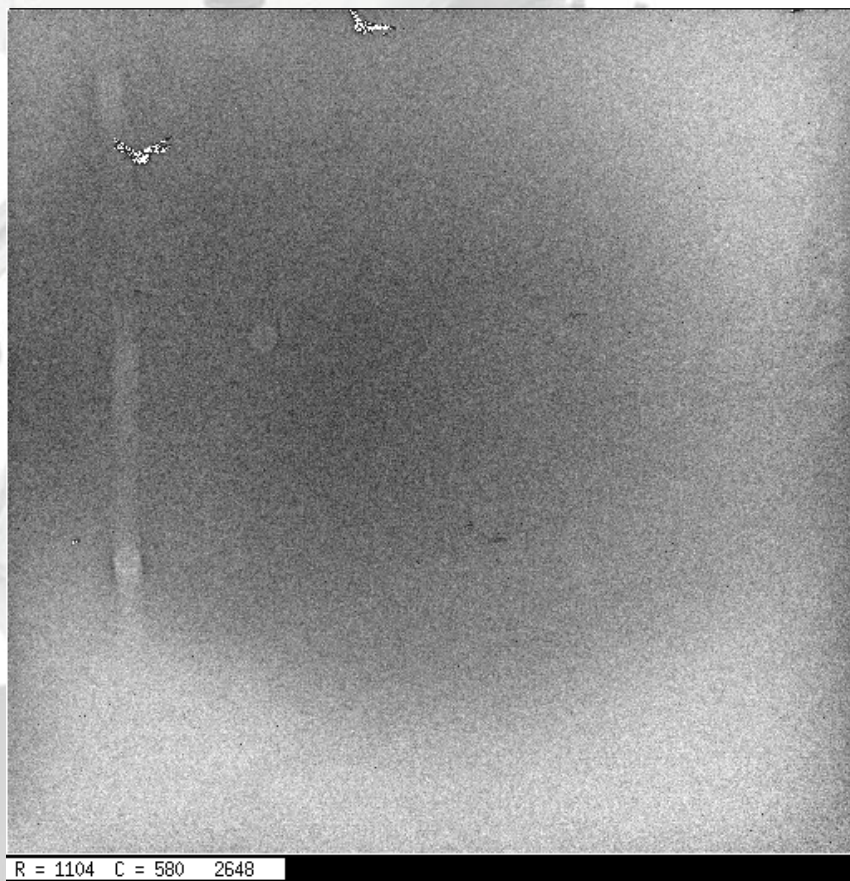
obiektyw zamknięty

wykonany w dowolnym momencie

czas ekspozycji maksymalnie krótki

jest odejmowany od oryginalnego zdjęcia

# Flatfield



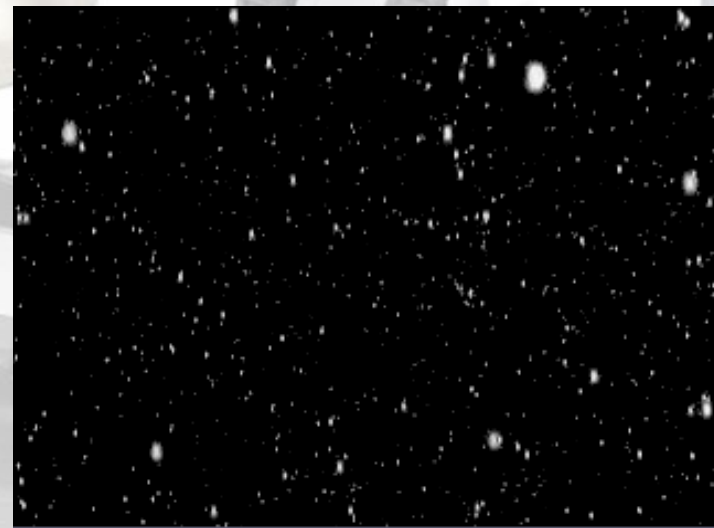
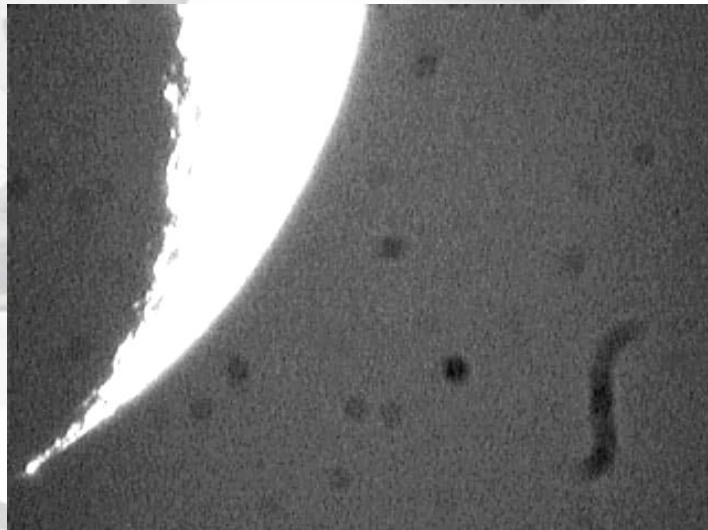
obiektyw otwarty i skierowany  
na jednorodnie oświetloną  
powierzchnię

wykonany w dowolnym  
momencie

czas ekspozycji dobrany tak aby  
klatka była dobrze naświetlona  
ale nie prześwietlona

oryginalne zdjęcie jest dzielone  
przez flatfield

# Po redukcji



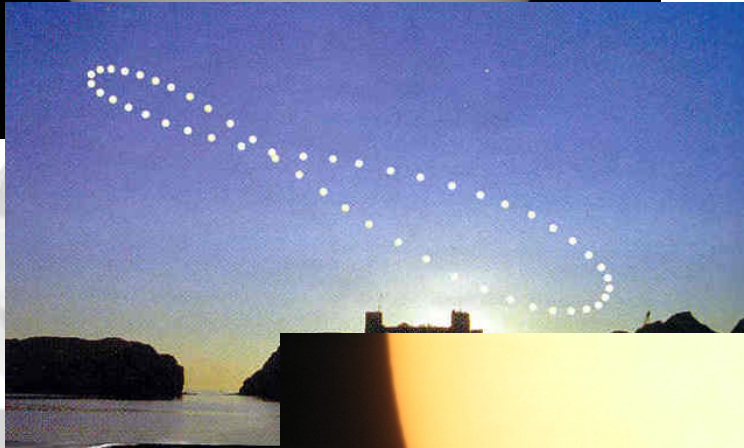
# Obserwacje Słońca – jak obserwować?

Czas ekspozycji:  $1/1000 - 1/15$  s

Ciemny filtr przed obiektywem  
wykonany z:

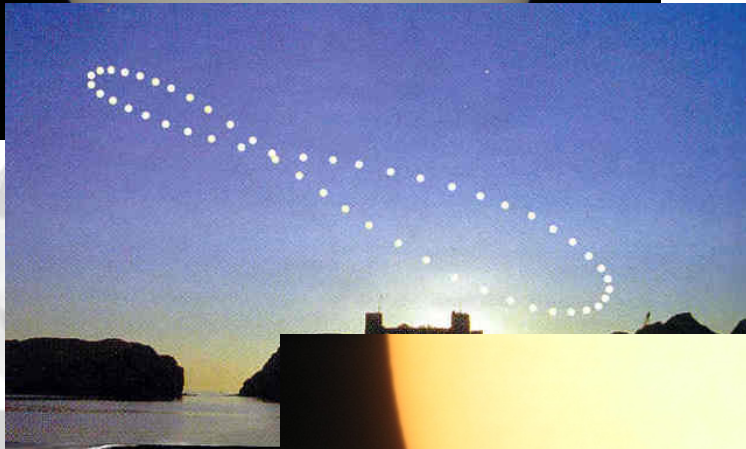
- dyskietki komputerowej
- kliszy zdjęcia rentgenowskiego
- szkła spawalniczego

Okopcona szyba to nie jest filtr !!!



# Obserwacje Słońca – co obserwować?

- Plamy słoneczne
- Wykres motylkowy
- Zaćmienia Słońca
- Ruch dobowy i roczny Słońca
- Tranzyt Merkurego i Wenus na tle tarczy Słonecznej



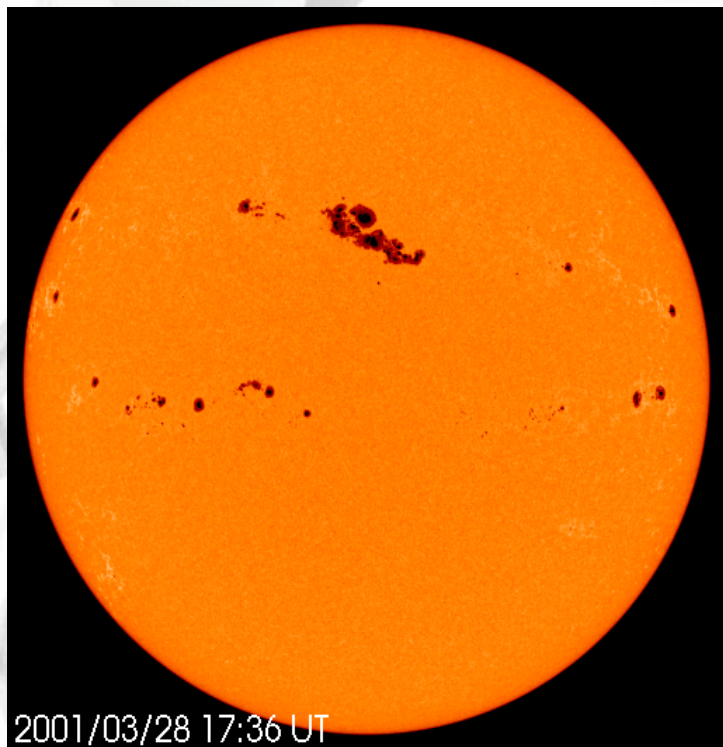
PRO-TECH

pro-line

www.digitalsun.pl

PRO-TECH

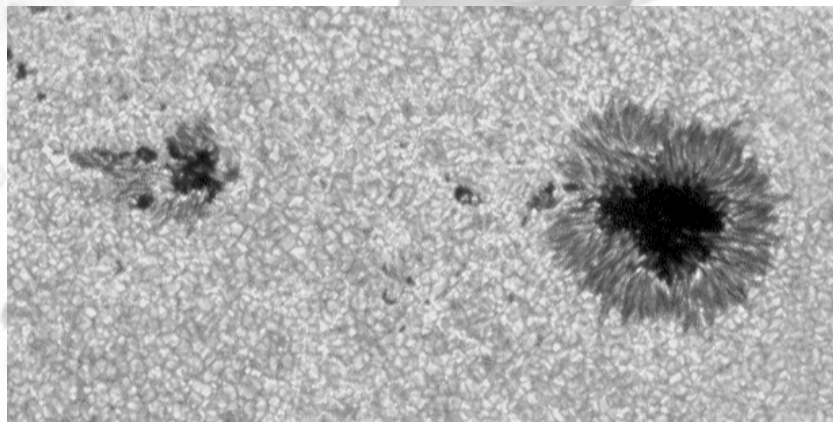
# Plamy słoneczne



Typowe rozmiary plamy: średnica od 4 000 km do 30 000 km (czasem nawet 60 000 km).

Temperatura: o 1000-1500 K niższa od temperatury powierzchni Słońca (5778 K)

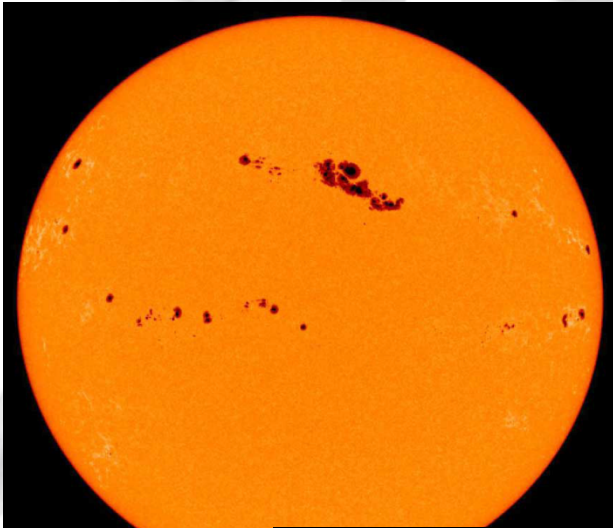
Typowy czas życia: od kilku dni do kilku miesięcy



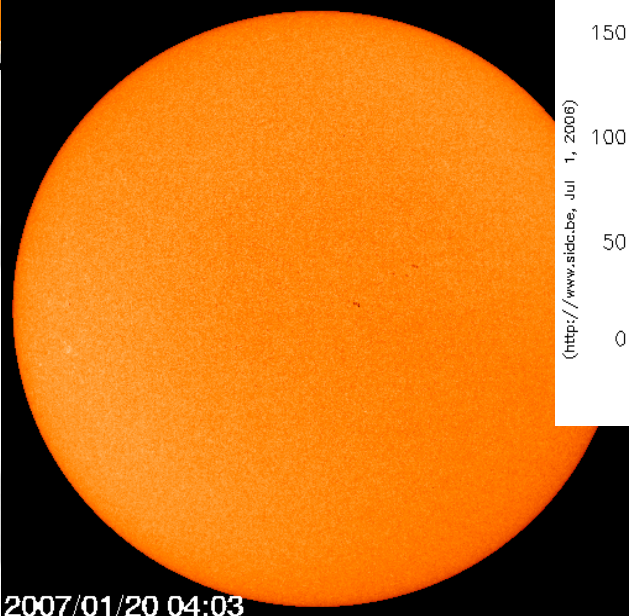


# Cykl aktywności

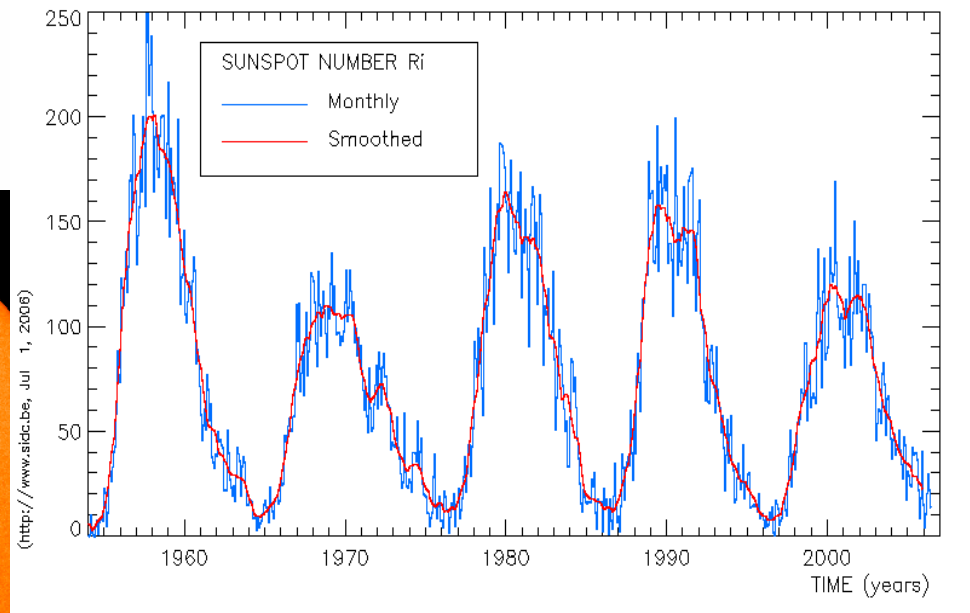
Zaplamienie zmienia się w ciągu około 11 lat



2001/03/29 09:36 UT



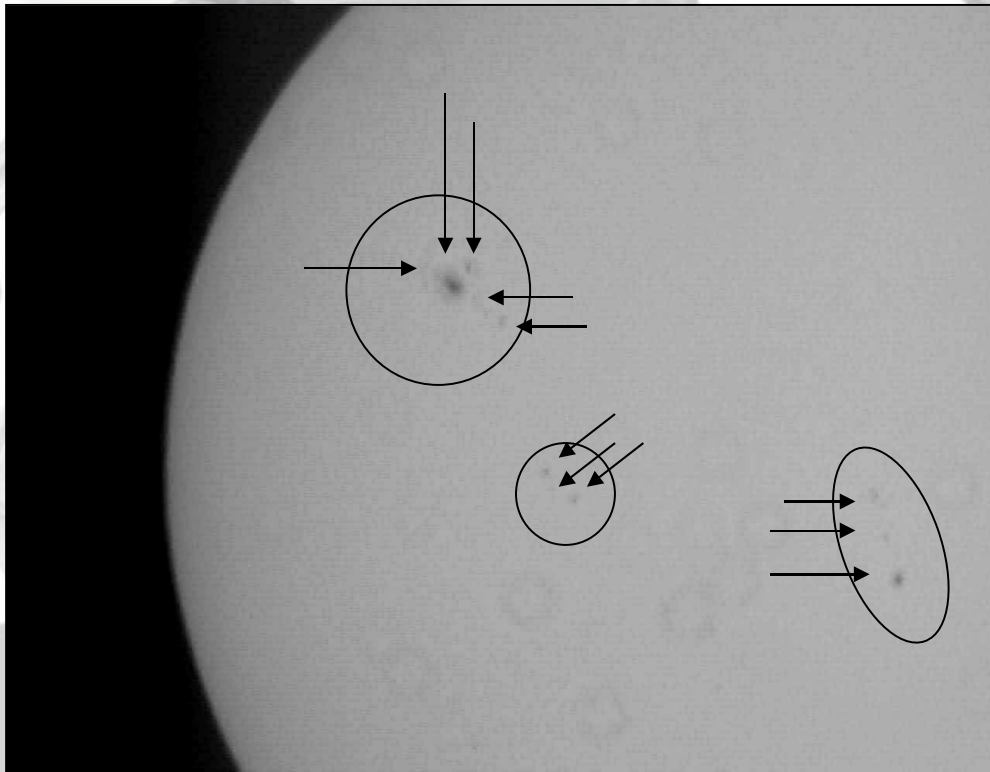
2007/01/20 04:03



(<http://www.sidc.be>, Jul 1, 2006)

# Liczba Wolfa

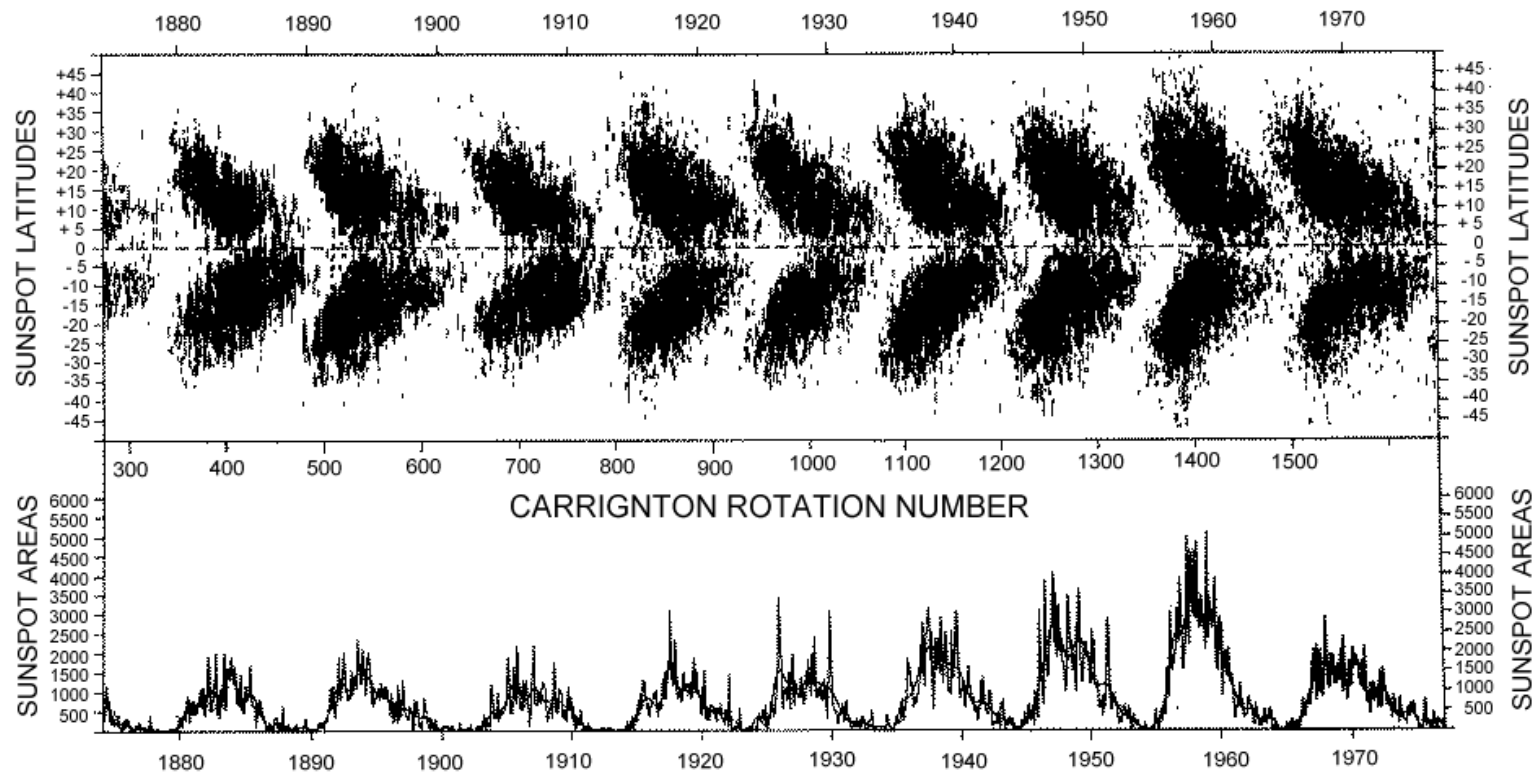
$$g = 3 \quad p = 11 \quad w = 41$$



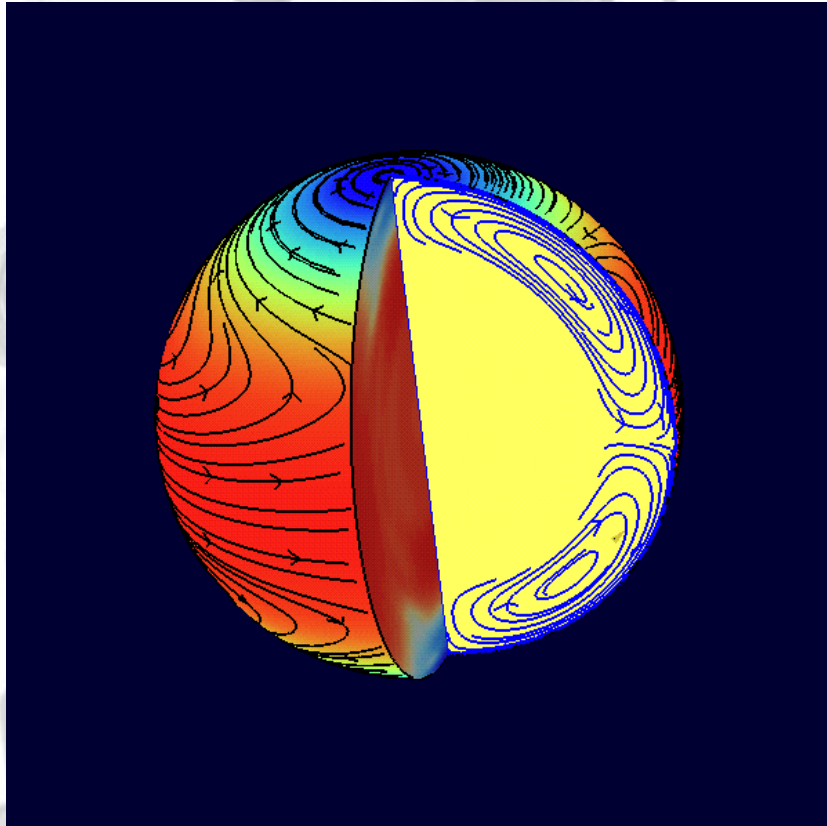
- liczba Wolfa:  $W = 10g + p$   
( $g$  – liczba grup,  
 $p$  – liczba plam)
- samotna plama też stanowi grupę
- służy do badania aktywności słonecznej

# Diagram motylkowy

SOLAR BUTTERFLY DIAGRAM 1874-1976



# Rotacja Słońca

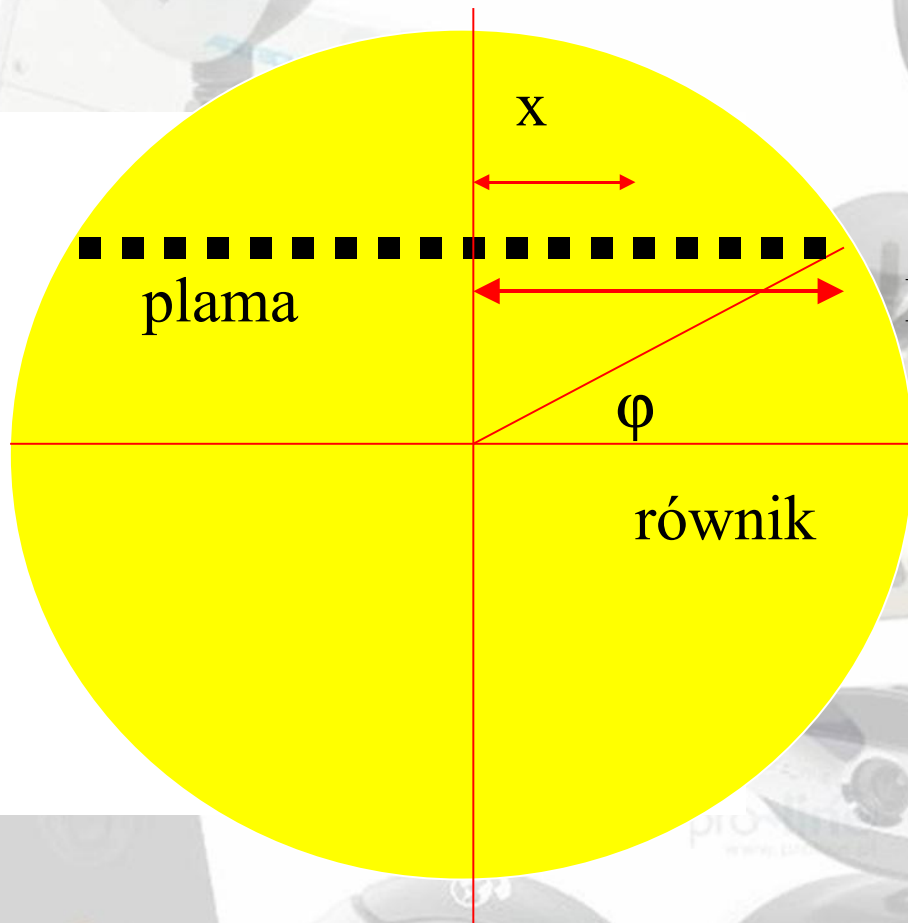


- Plamy słoneczne pozwalają obserwować rotację Słońca
- Obserwujemy to z poruszającej się Ziemi co stanowi pewien kłopot
- Słońce nie rotuje jak bryła sztywna

# Rotacja Słońca



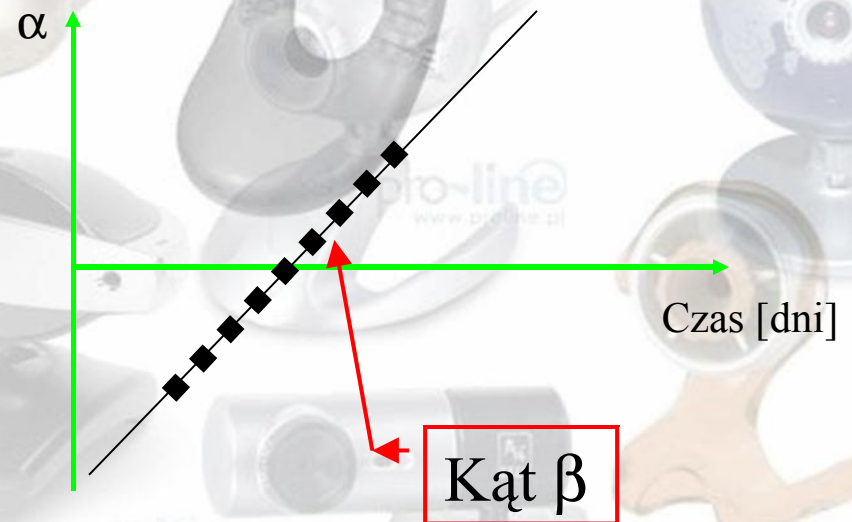
# Rotacja Słońca



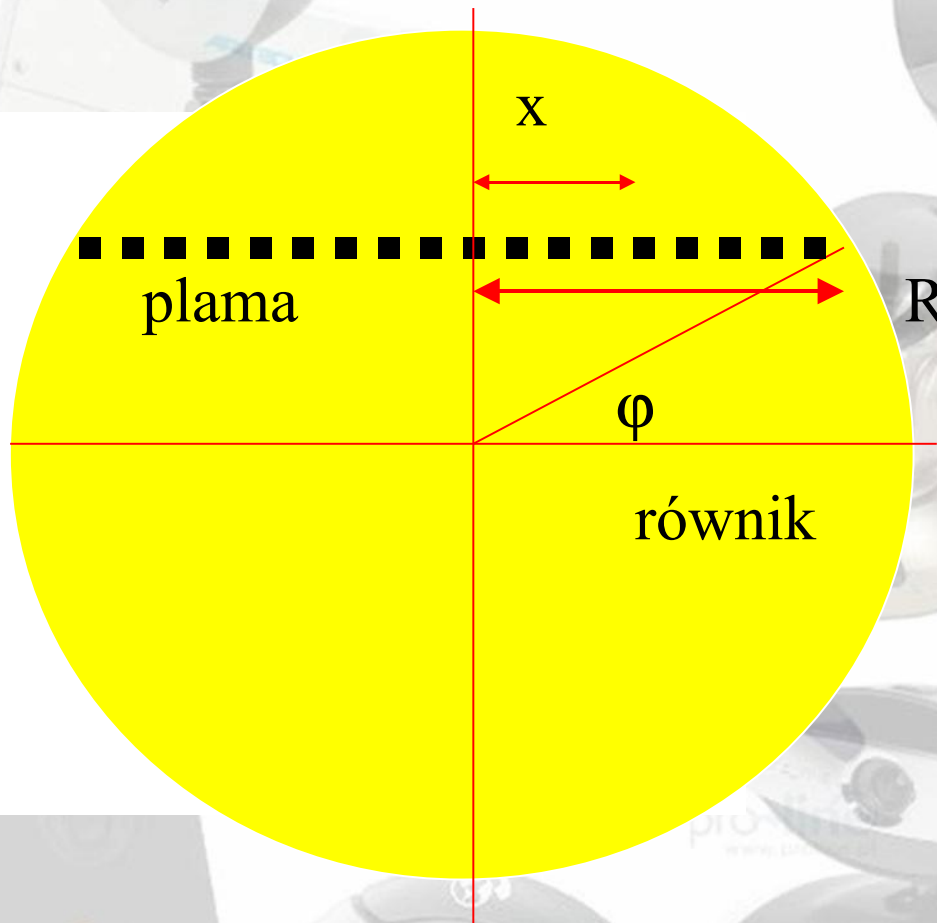
Dla każdego położenia  
plamy liczymy:

$$\sin(\alpha) = x/R \rightarrow \alpha$$

i robimy wykres:



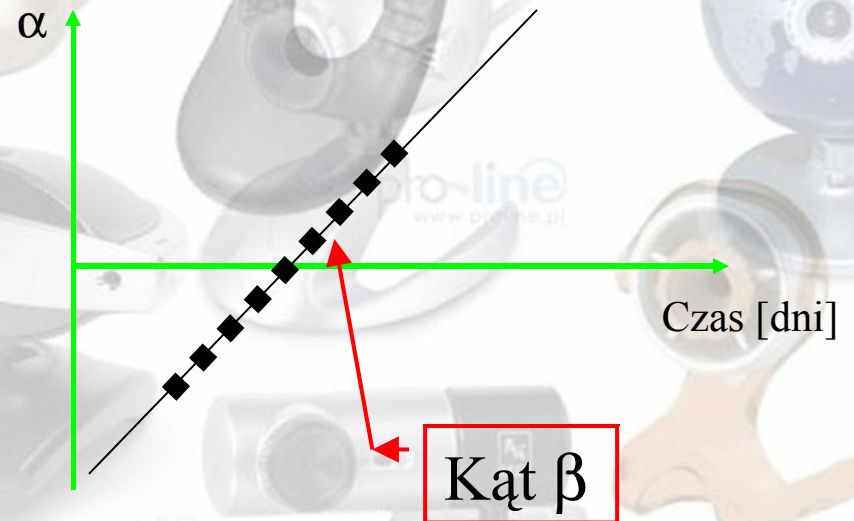
# Rotacja Słońca



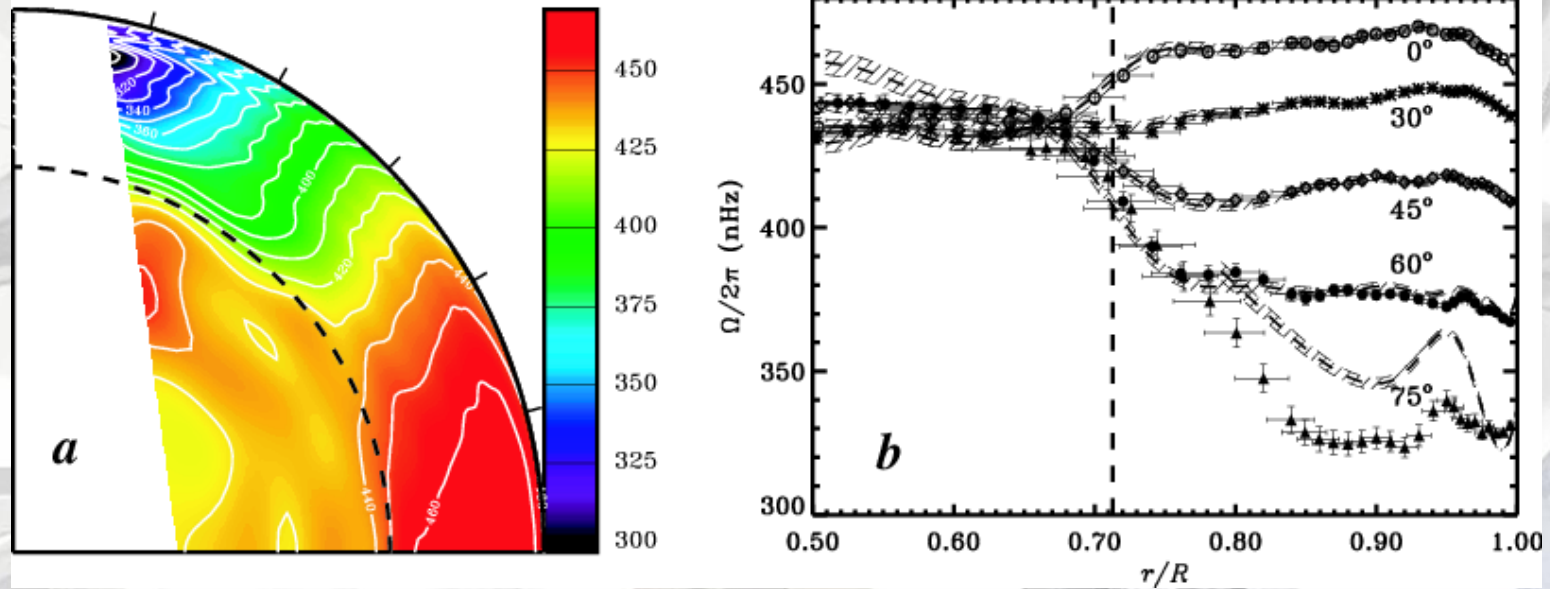
S- synodyczny okres obrotu Słońca (obserwowany z Ziemi) :  $S = \text{tg } \beta$

P- gwiazdowy okres obrotu Słońca

$$1/S = 1/P - 1/365.2425$$



# Rotacja Słońca



Empiryczna zależność prędkości rotacji w funkcji szerokości heliograficznej:

$$\omega = 14^\circ.38 - 2^\circ.7 \sin^2 \varphi \text{ [°/doba]}$$



# Obserwacje Księżyca



- Identyfikacja kraterów
- Fazy
- Mimośród orbity
- Wysokość gór i wałów kraterów
- Zaćmienia Księżyca

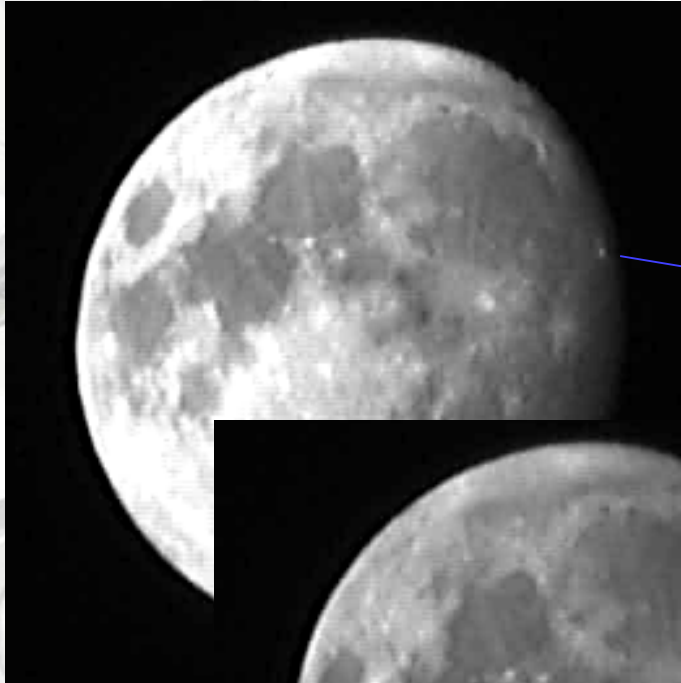


# Identyfikacja kraterów



- Zapoznanie się z topografią Księżyca
- Więcej detali w pobliżu linii terminatora
- Zrozumienie projekcji obrazu w danym układzie optycznym (obrazy odwrócone, lustrzane odbicia itp.)

# Fazy Księżyca

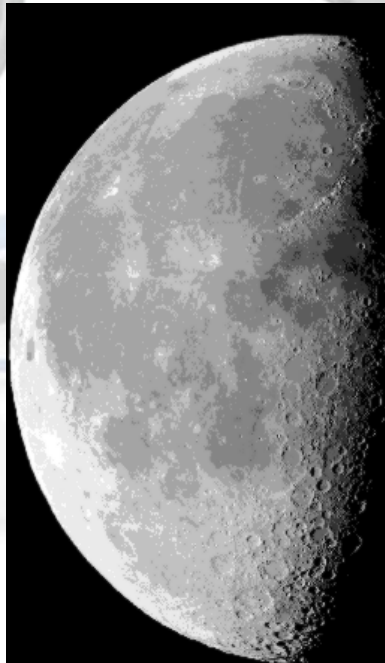


Odległość krateru od terminatora pozwala wyznaczyć okres synodyczny Księżyca, czyli okres powtarzania się faz.

# Mimośród orbity Księżyca

Perygeum

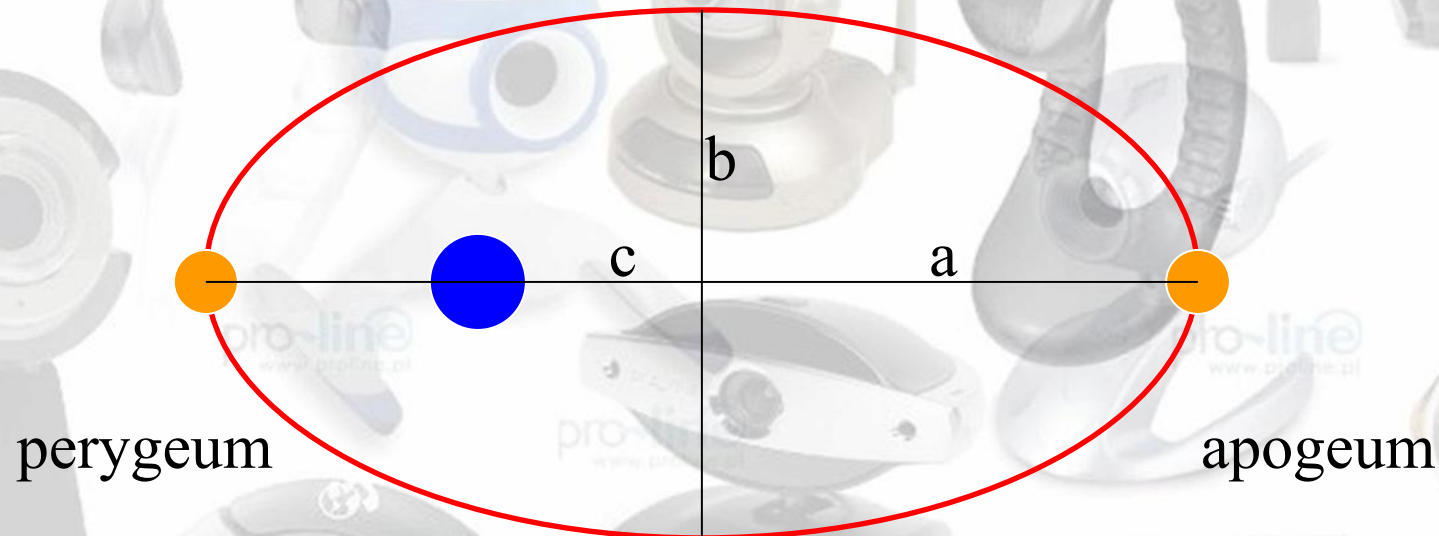
Apogeum



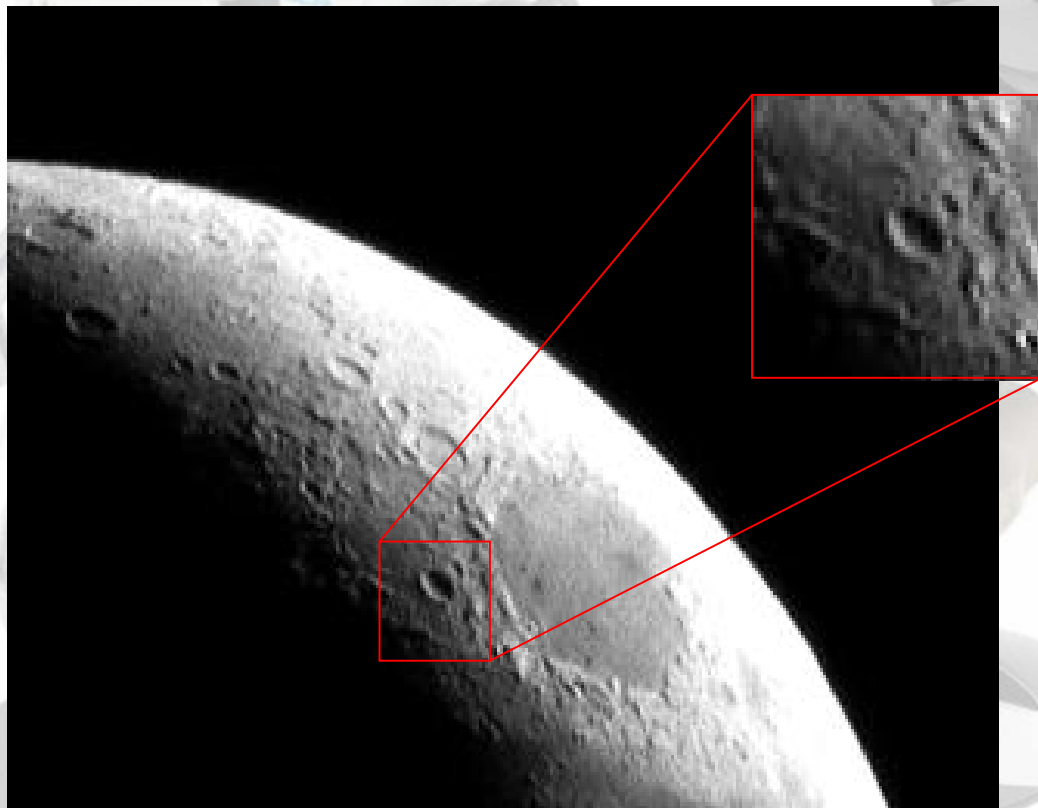
- Księżyc okresowo zbliża się i oddala od Ziemi
- Z tego powodu zmieniają się kątowe rozmiary jego tarczy
- Mierząc je możemy oszacować stopień spłaszczenia orbity

# Mimośród orbity Księżyca

- Ze zdjęć wyznaczamy stosunek rozmiarów:  $R1/R2=(a+c)/(a-c)$
- mimośród  $e=c/a$  czyli:  $e=(R1-R2)/(R1+R2)$



# Wysokości struktur na Księżycu



Potrzebne:

- moment obserwacji z dokładnością do minuty
- identyfikacja krateru porównania
- współrzędne selenograficzne obiektu

# Wysokości struktur na Księżycu

$$H = f \cdot D \cdot \sin A \cdot \operatorname{cosec} F - 0.5 \cdot f^2 \cdot D^2 \cdot \operatorname{cosec}^2 F \cdot \cos^2 A$$

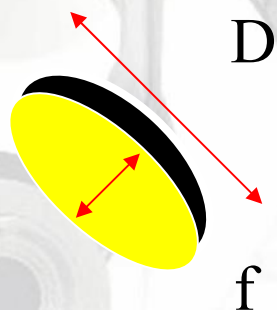
gdzie:

f – długość cienia określona przez obserwatora jako ułamek średnicy krateru porównania

D – średnica krateru porównania, wyrażona jako ułamek promienia Księżyca

A – wysokość Słońca nad horyzontem księżycowym w miejscu, gdzie znajduje się krater

F – kąt między kierunkami od centrum Księżyca, do Ziemi i do Słońca



# Wysokości struktur na Księżycu

$$\sin A = \sin B \sin b + \cos B \cos b \sin(L - C)$$

gdzie:

B – szerokość selenograficzna krateru

L – długość selenograficzna krateru

b – długość selenograficzna punktu na Księżycu  
w którym Słońce jest w zenicie

C – długość selenograficzna terminatora na  
wschód od centrum tarczy Księżyca





# Zaćmienia Księżyca

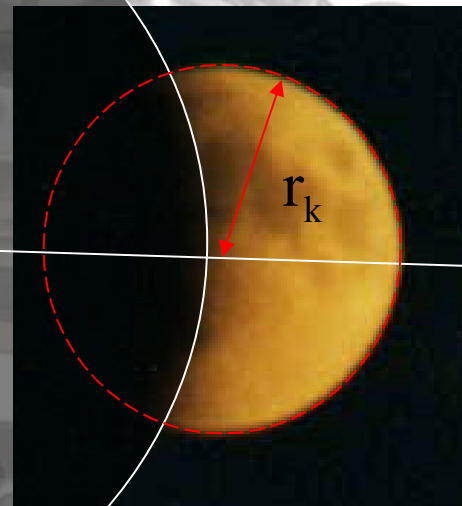
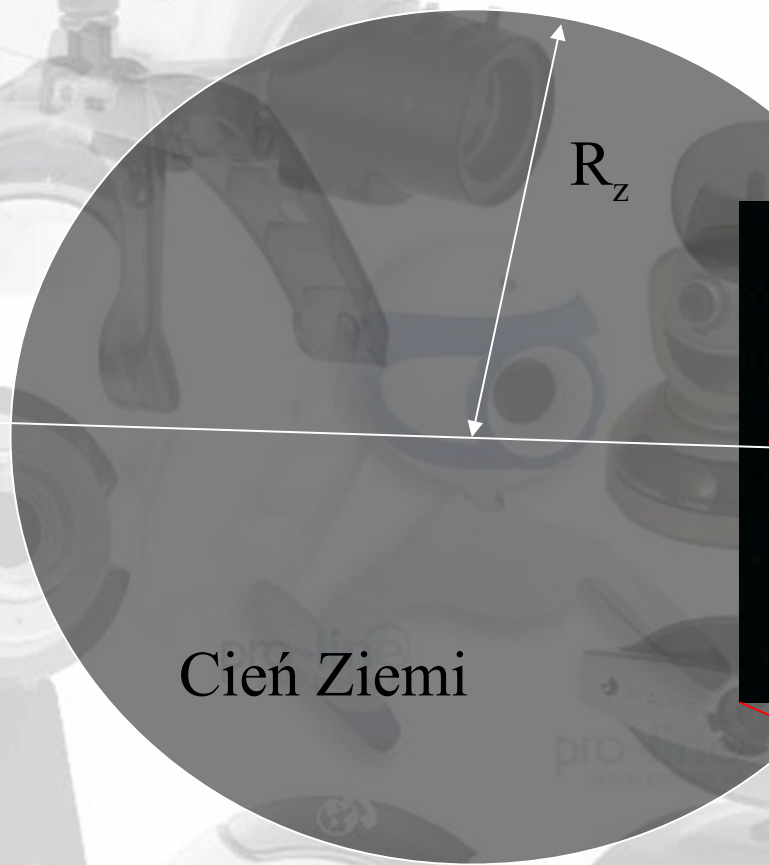


Łukowaty kształt cienia Ziemi na powierzchni Księżyca stanowił pierwszy z dowodów na kulistość naszego globu



Znając rozmiary Ziemi możemy oszacować wielkość Księżyca  $R_z/r_k$

# Rozmiar Księżyca



# Zestaw ulepszony



Statyw w układzie paralaktycznym z silnikiem.

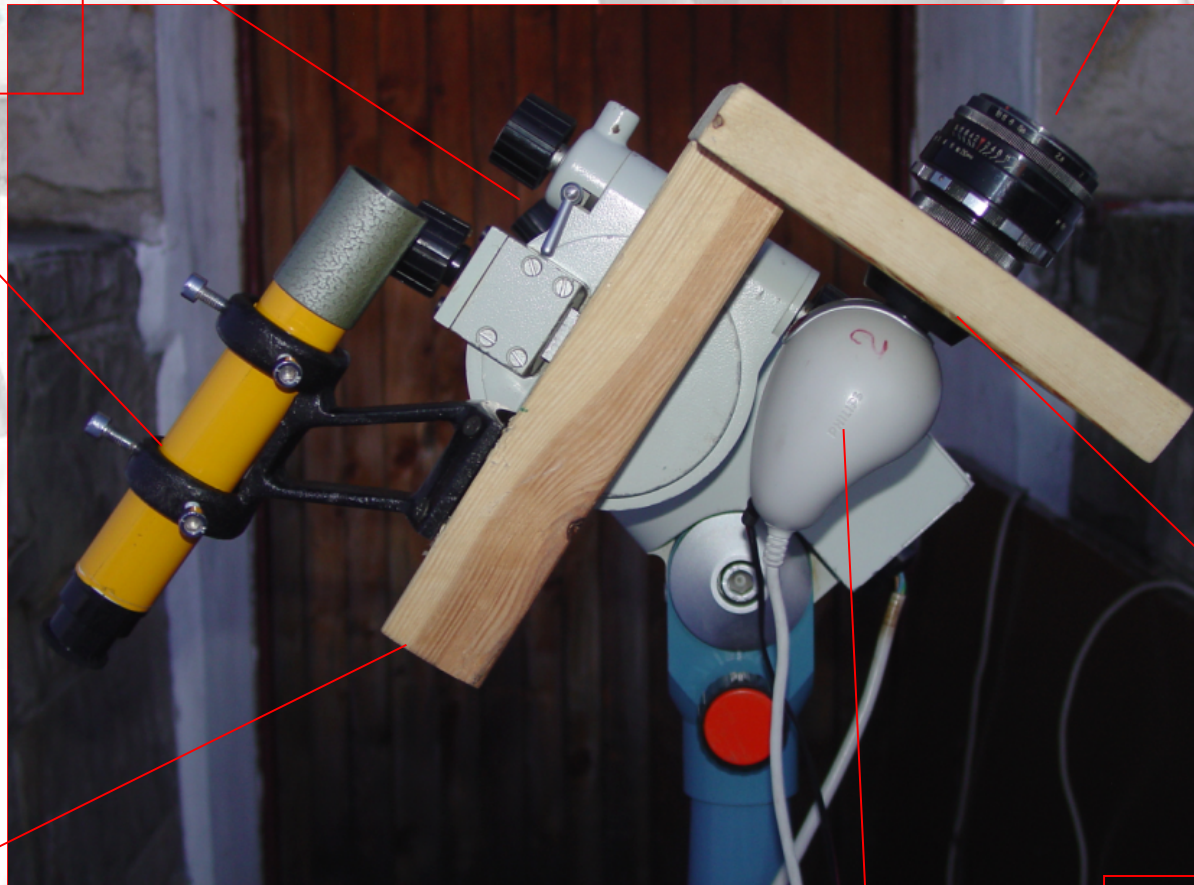
Lunetka celownicza

Drewniany uchwyt

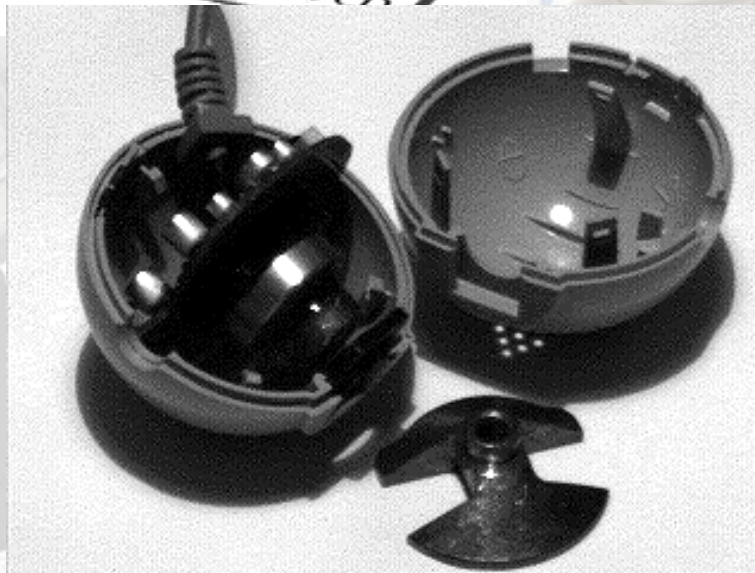
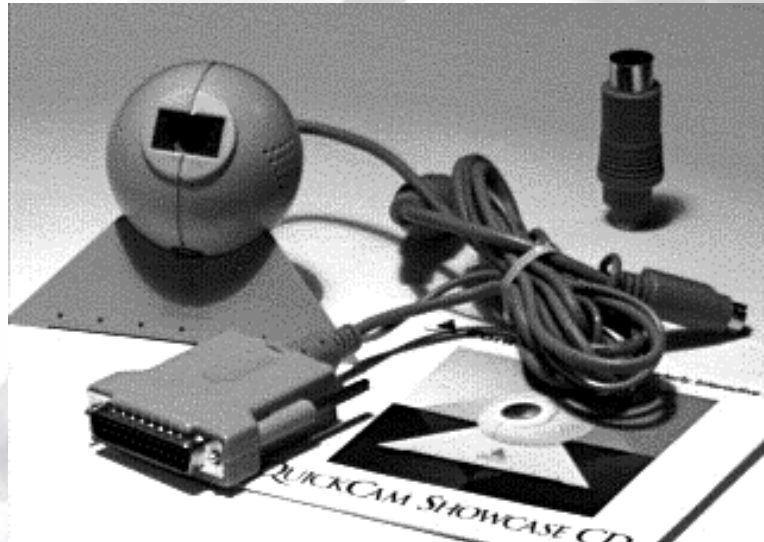
Obiektyw

Adapter M42

zmodyfikowana kamera

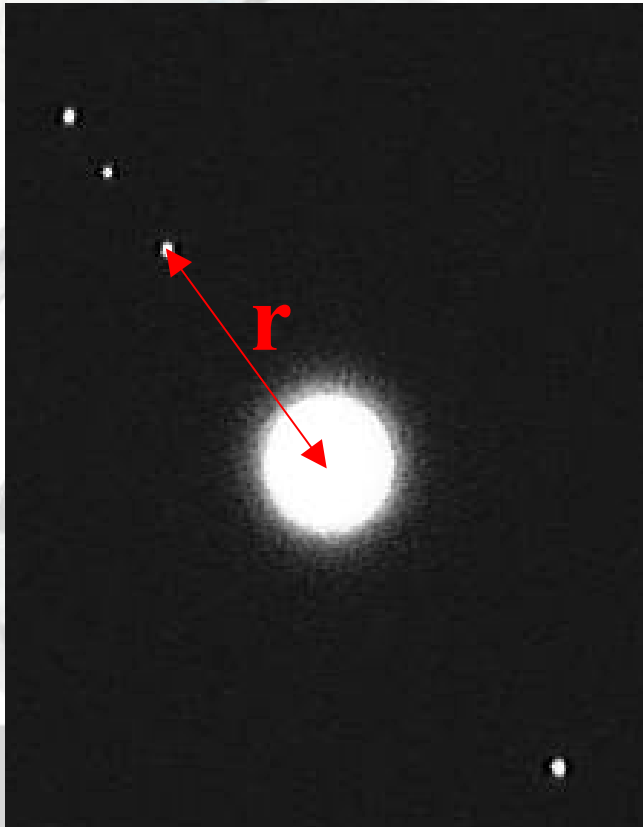


# Kamera zmodyfikowana

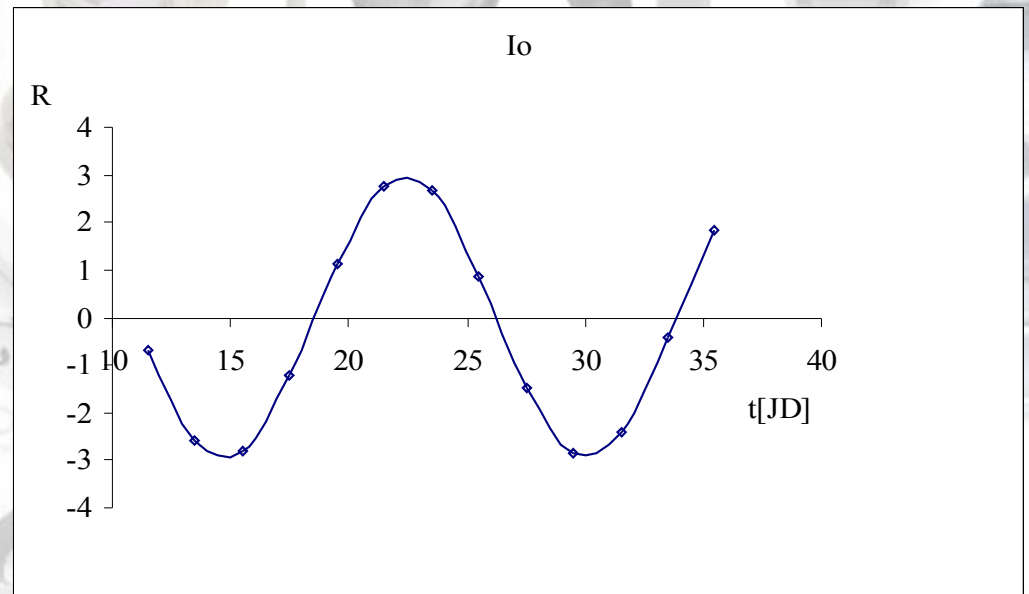


- Dłgie czasy ekspozycji
- Oprogramowanie (dostarczane razem z przerobioną kamerą)
- Obserwacje planet, gwiazd, mgławic...

# Księżycyce Jowisza



Wykres odległości satelity od Jowisza



# Masa Jowisza

- III Prawo Keplera układu satelita-Jowisz

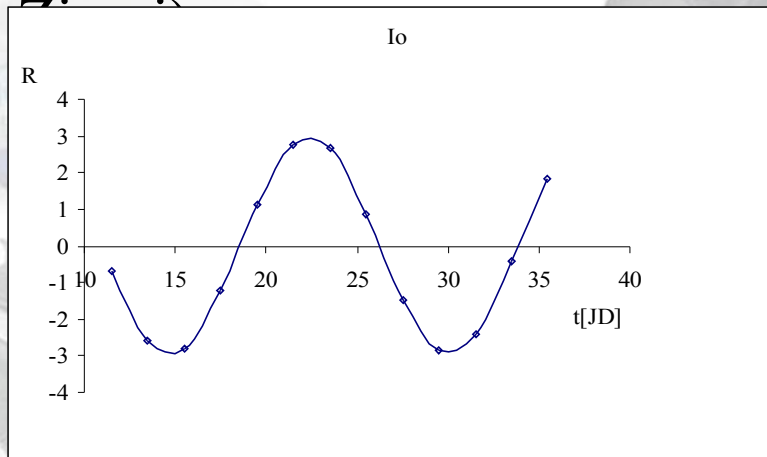
$$\frac{a_S^3}{T_S^2} = G \frac{m_S + m_J}{4\pi^2}$$

- dla układu Ziemia-Księżyc

$$\frac{a_K^3}{T_K^2} = G \frac{m_K + m_Z}{4\pi^2}$$

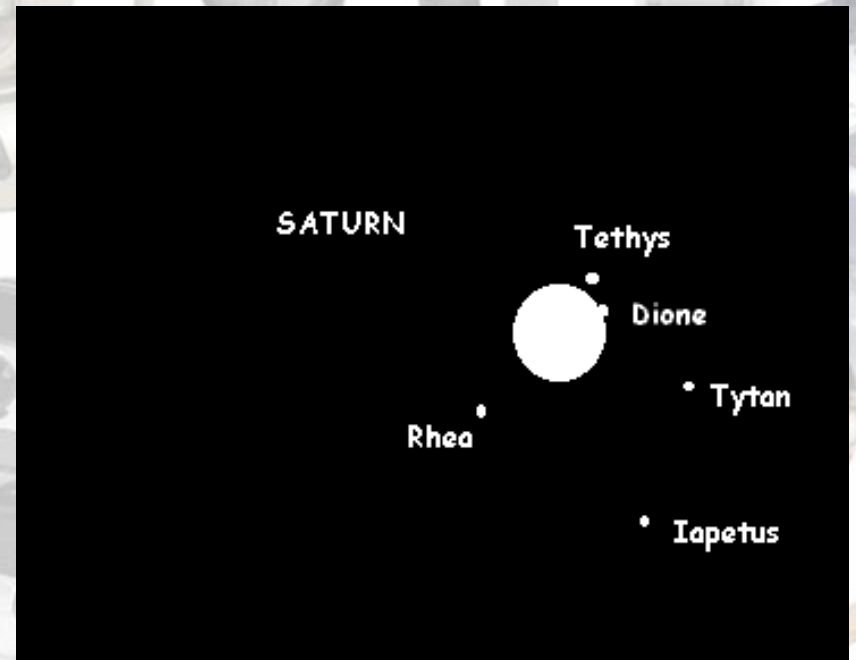
- Masa Jowisza:  
(w masach  $M_J$ )

$$m_J = \frac{T_K^2 a_S^3 m_Z}{a_K^3 T_S^2}$$

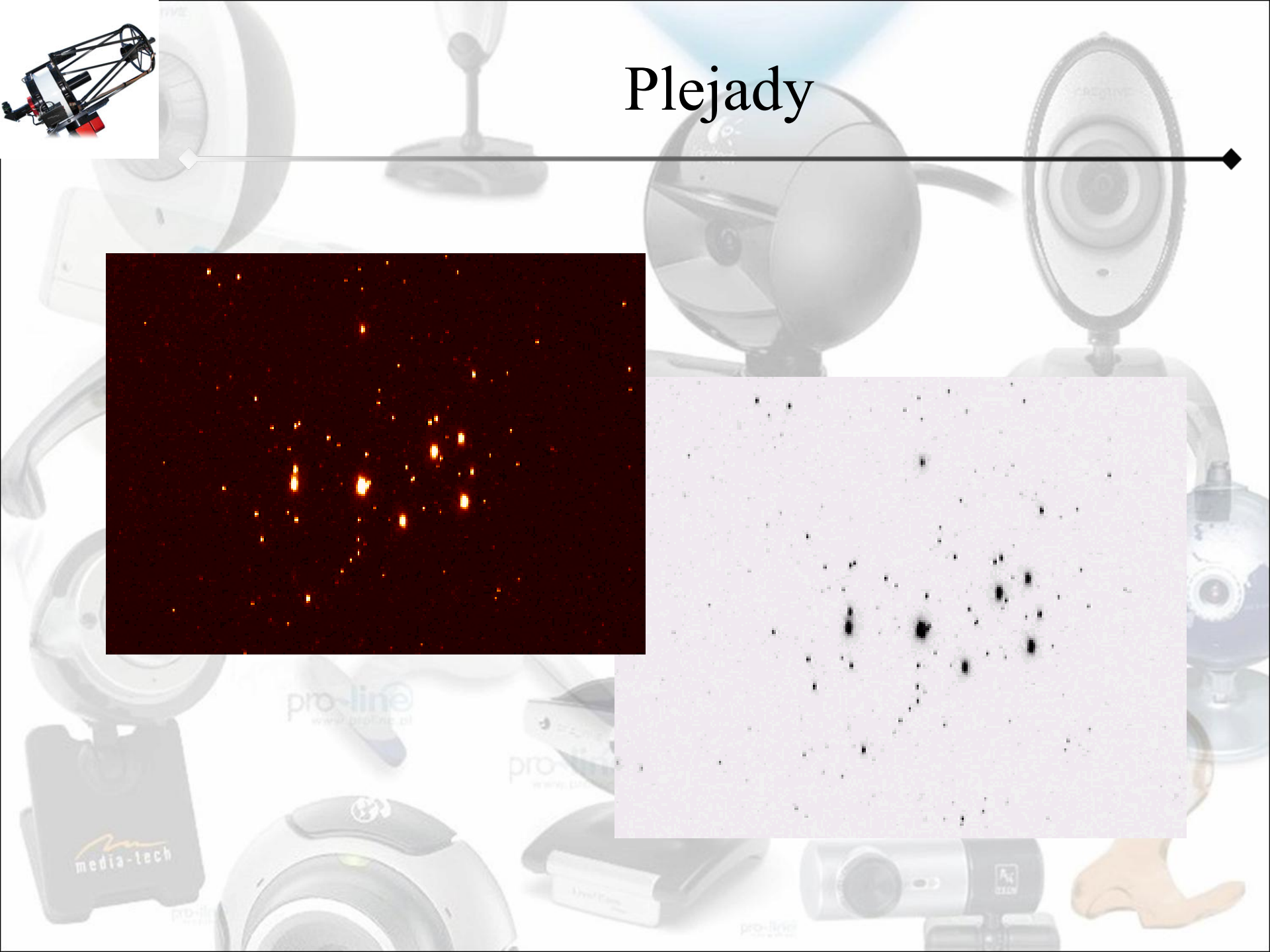
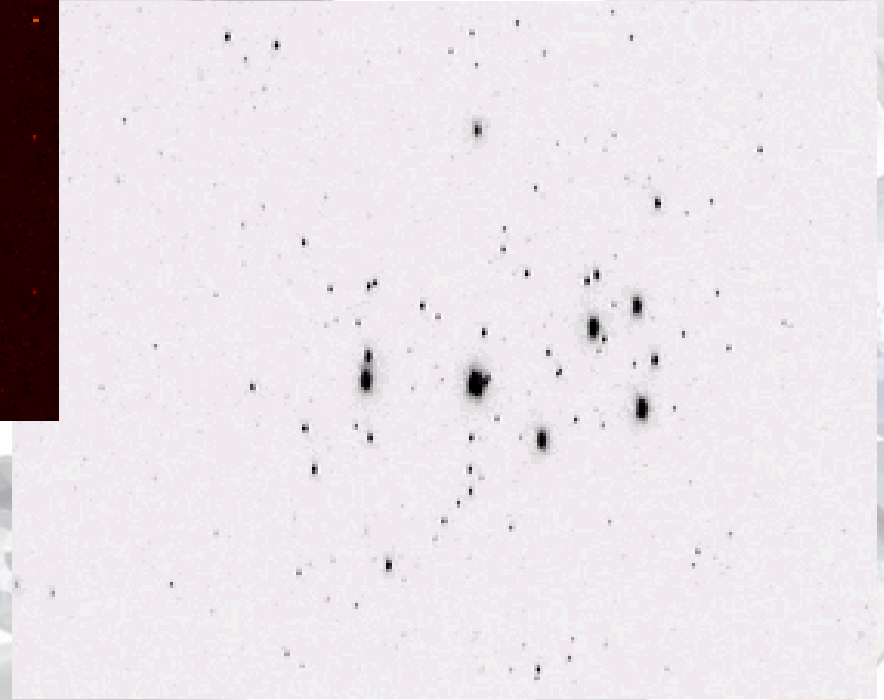
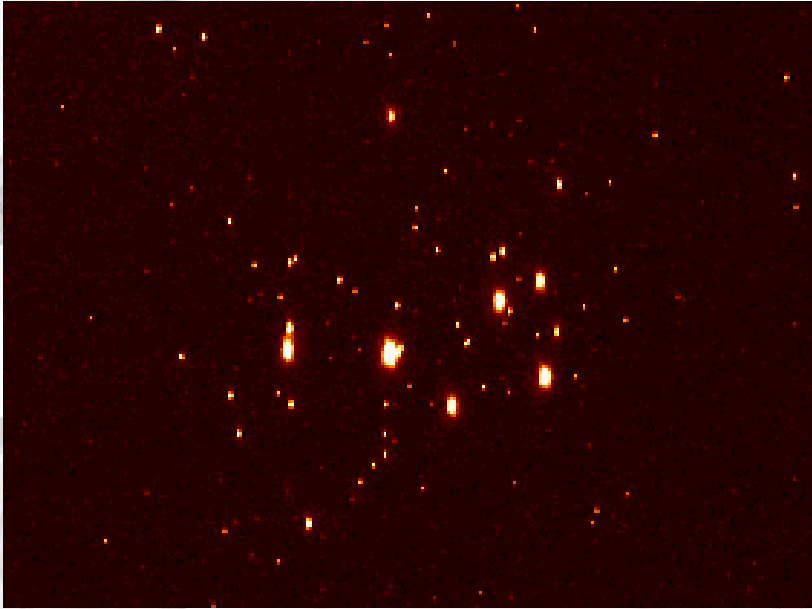


# Saturn

- Rozmiary pierścieni
- Księżyce

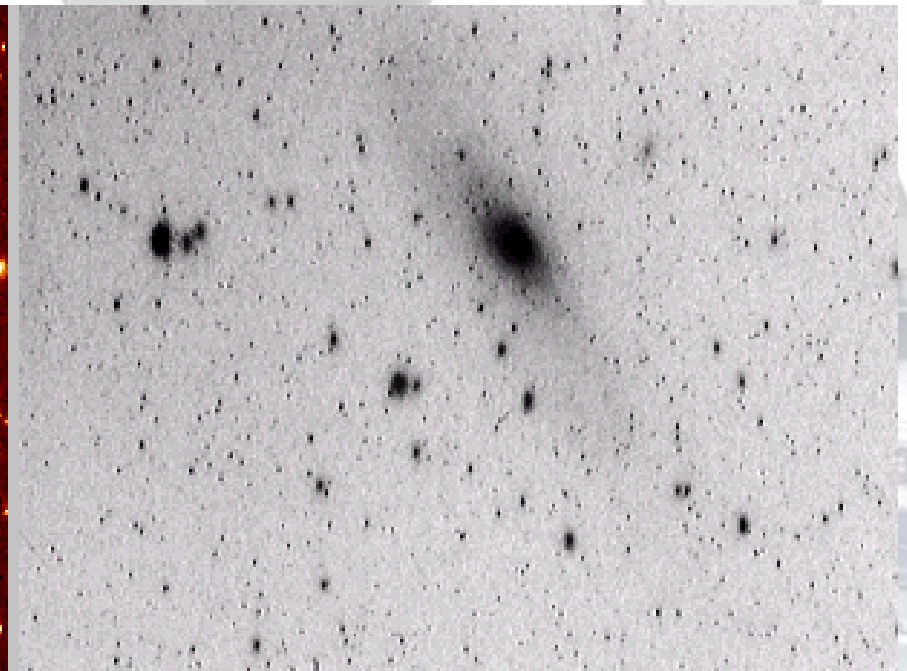
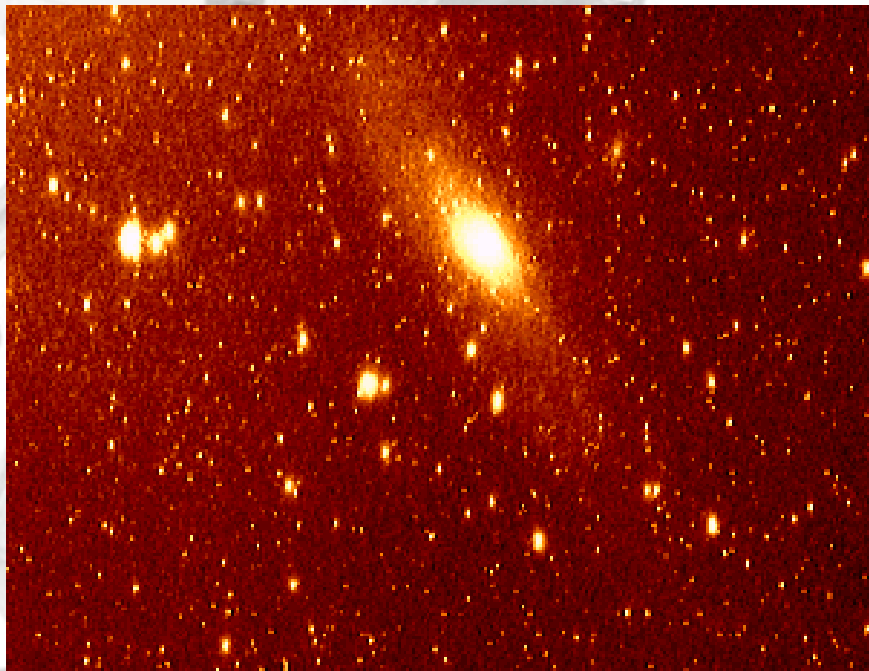


# Plejady

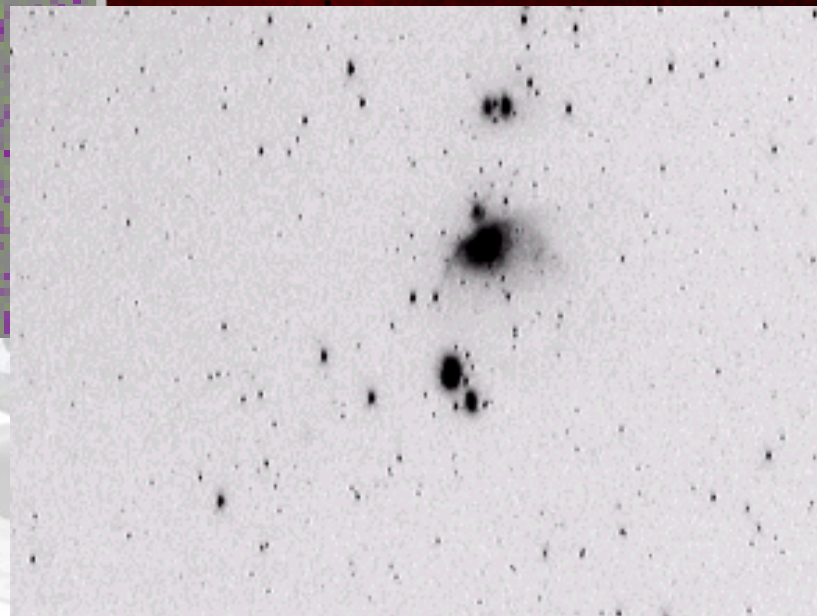
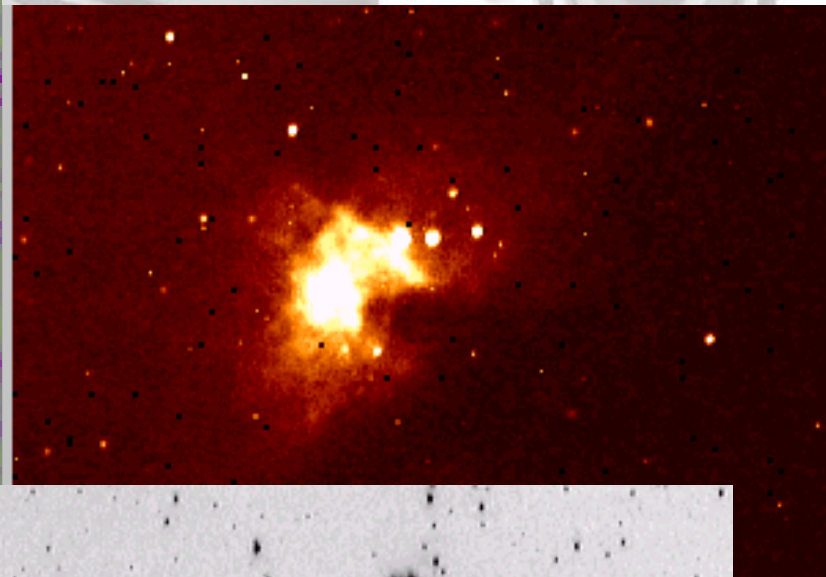
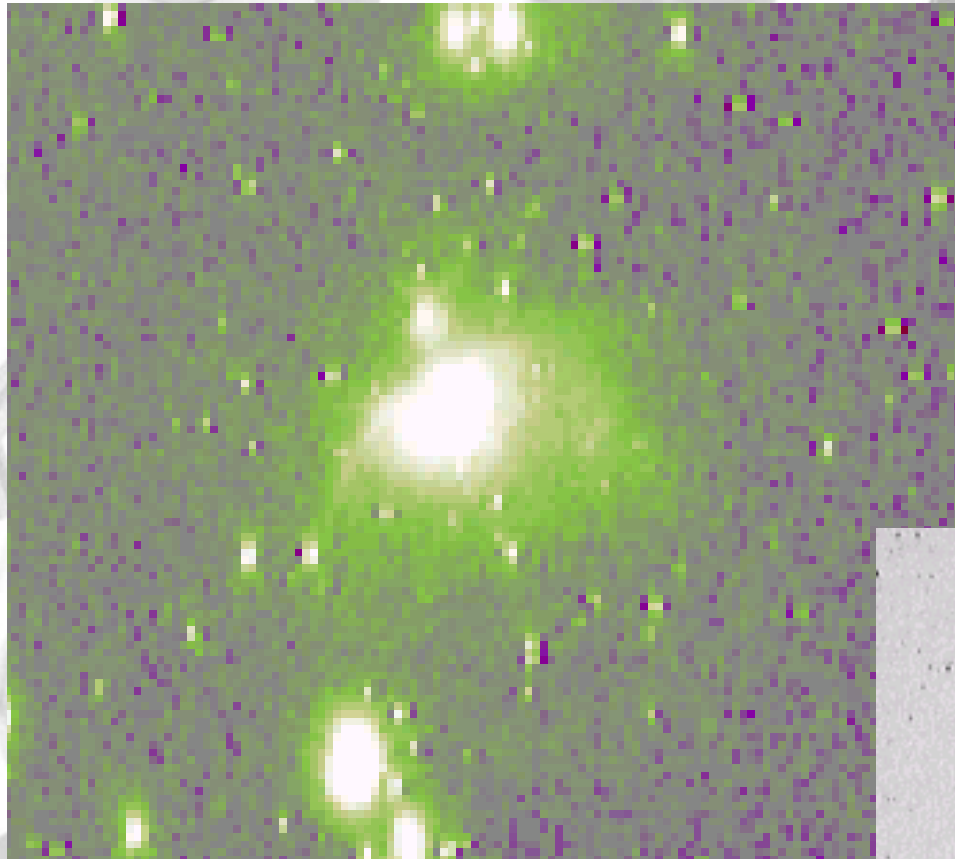




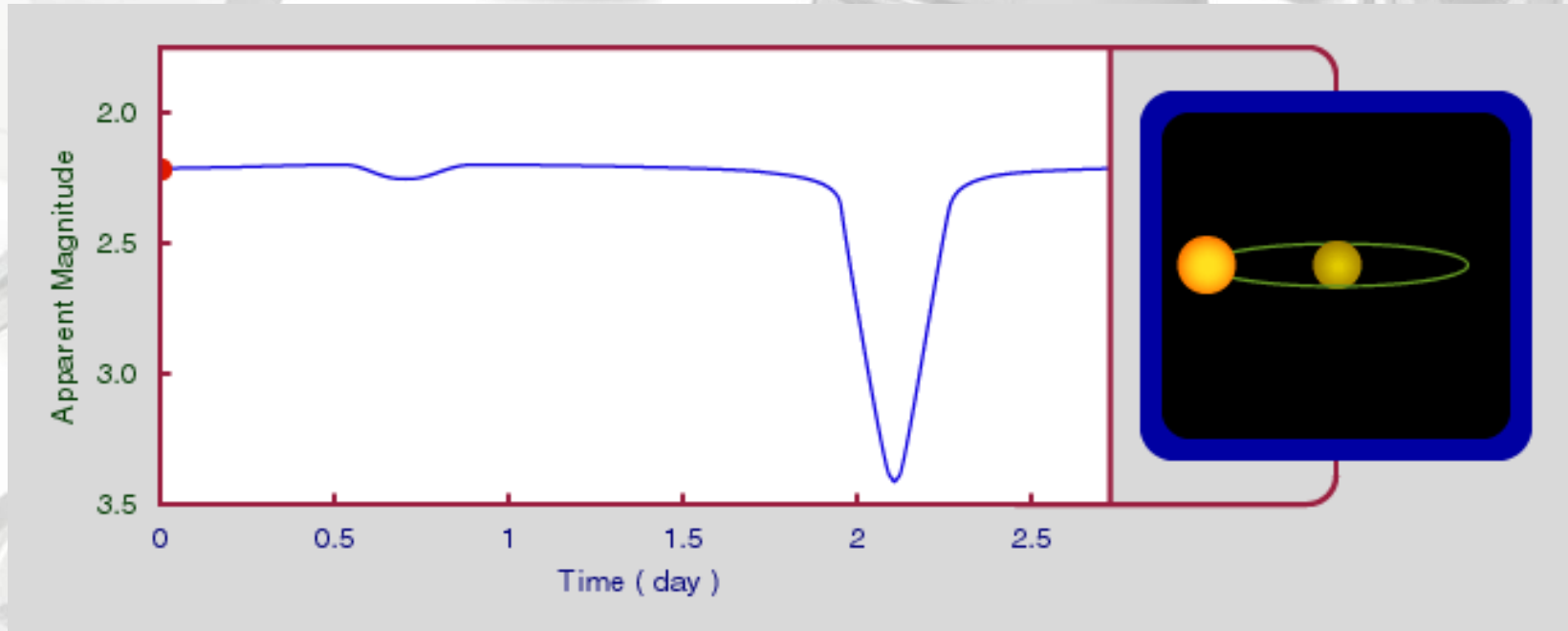
# Galaktyka M31 w Andromedzie



# Mgławica M42 w Orionie



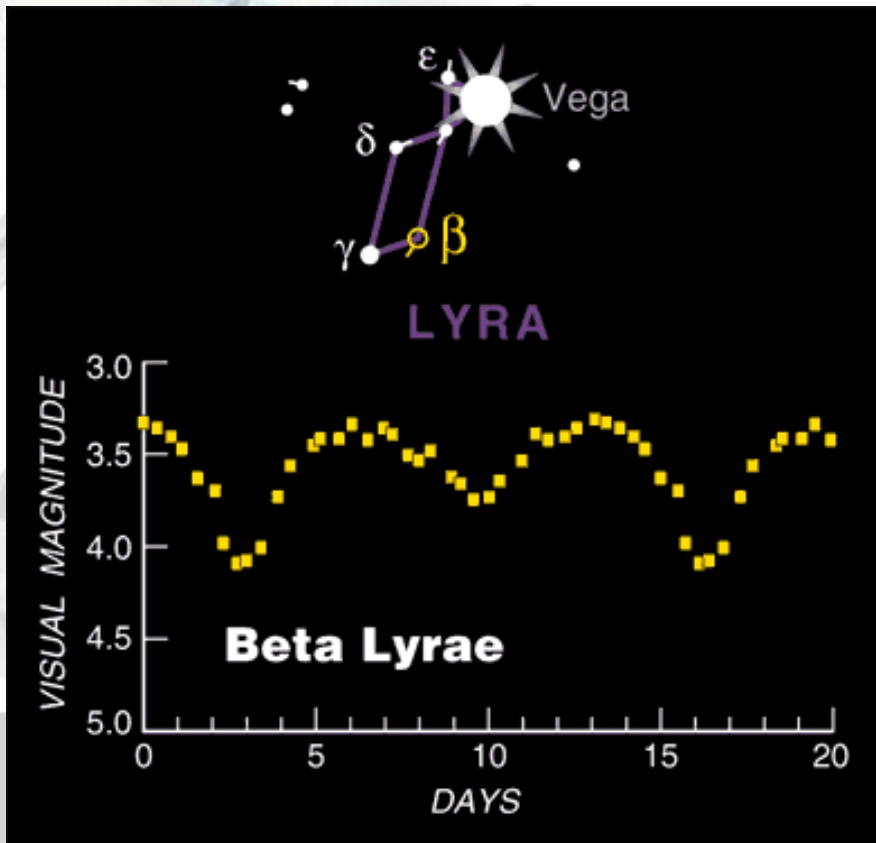
# Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych



Zmieniają swą jasność, gdyż gwiazdy obiegające wspólny środek masy przesłaniają się wzajemnie

Pomiary czasów minimów jasności są ważne również z punktu widzenia profesjonalnych badań astronomicznych i dają możliwość włączenia się w rzeczywiste prace badawcze, każdemu miłośnikowi astronomii

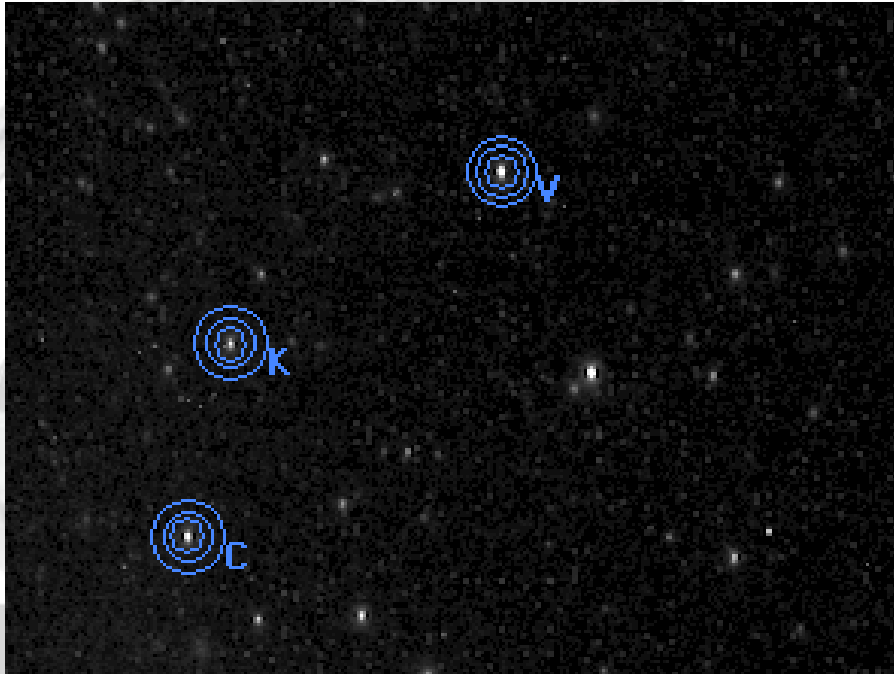
# Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych



Konieczna jest długa (kilkugodzinna) seria obserwacji dokonanych w czasie trwania zaćmienia oraz wykonanie poprawnej redukcji danych (przy pomocy odpowiedniego oprogramowania np. IRIS).

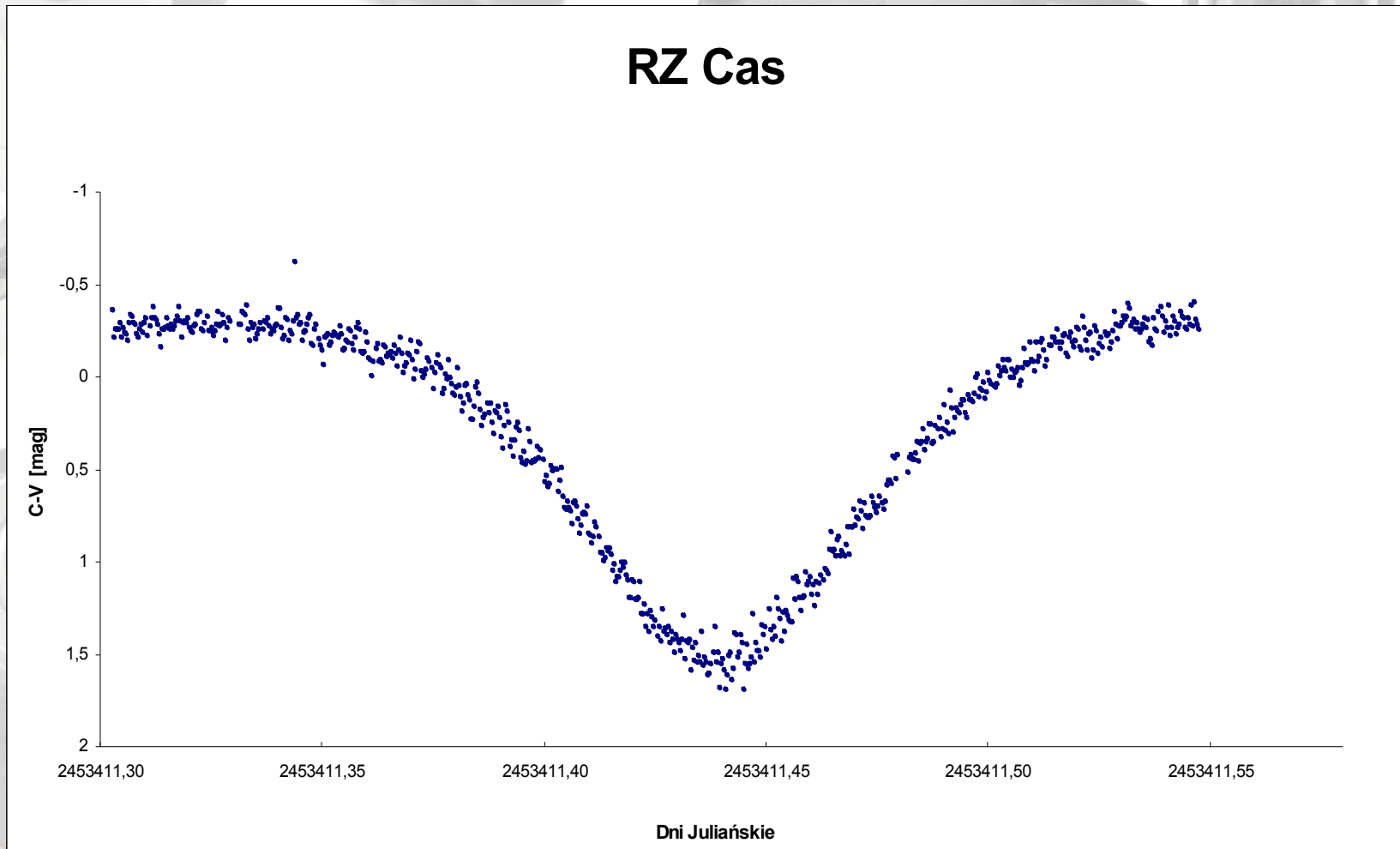
Jasności gwiazd określa się na podstawie sumy jasności wszystkich pikseli w otoczeniu obrazu gwiazdy.

# Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych



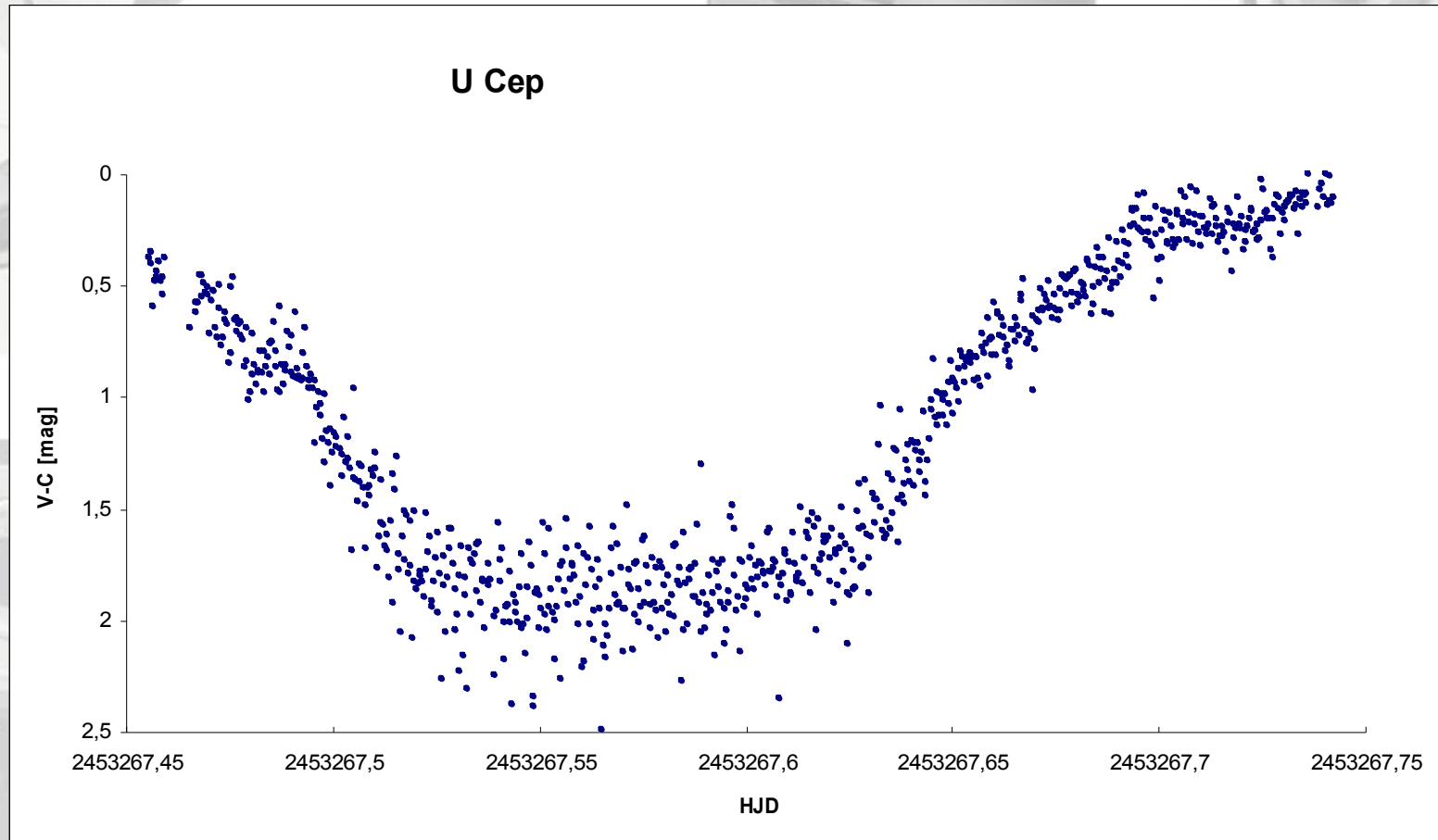
Aby wyeliminować efekty atmosferyczne jasność gwiazdy badanej (V) jest wyznaczana w odniesieniu do innych gwiazd (C,K), które mają stałą jasność. Zmiany w ich jasności są wyłącznie efektem wpływu atmosfery.

# Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych



Minimum jasności gwiazdy RZ Cas jasność: 6.4 – 7.8 mag okres: 1.195 dnia

# Obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych



Minimum jasności gwiazdy U Cep jasność: 6.74 – 9.81 mag. okres: 2.493dnia

# Dziesiątki innych obserwacji



David H. Levy *Niebo.*  
*Poradnik użytkownika*  
 Prószyński i S-ka, Warszawa  
2001

Andrzej Branicki *Obserwacje  
i pomiary astronomiczne*  
WUW, Warszawa 2006

