



Education and Culture DG

Lifelong Learning Programme



Roger Ferlet (IAP);

Olivier Marco, Ester Aranzana Martinez, Sandra Greiss,
& Jeehae Chun (University Pierre Marie Curie)

FRANCJA

tłumaczenie: Małgorzata Czarł
redakcja: Ariel Majcher

WYKRYWANIE PLANET POZASŁONECZNYCH METODĄ TRANZYTÓW

Ćwiczenie pozwala własnoręcznie opracować autentyczne obserwacje i „zobaczyć” pozasłoneczną planetę krążącą wokół odległej gwiazdy. Przeznaczone dla gimnazjów i szkół średnich, pozwala uczniom zapoznać się z pracą naukową w zakresie astronomii i astrofizyki.



W ćwiczeniu wykorzystujemy przykładowe zdjęcia planety HD 189733b* zrobione przez Teleskop Kosmiczny Spitzera**. Zdjęcia dostarczą nam danych, które zostaną przeanalizowane z użyciem programu SalsaJ i zilustrowane na wykresie w Excelu.

Naszym zamiarem jest pokazanie uczniom, co to jest tranzyt i w jaki sposób można go wyznaczyć poprzez analizę danych ze zdjęć.

SPIS TREŚCI

I.Wprowadzenie	2
II.Instrukcja obsługi programu SalsaJ	3
III.Analiza danych w Excelu	9
IV.Interpretacja wyników: Metoda tranzytu	16
V.Indeks	17

Materiały do ćwiczenia:

1. Program SalsaJ:

http://www.pl.euhou.net/index.php?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=10

2. Dane: 20 zdjęć wykonanych teleskopem Spitzera:

http://www.euhou.net/docupload/files/Exercises/Exoplanet_transit/20image_spitzer.zip

WPROWADZENIE

Co to jest planeta pozasłoneczna?

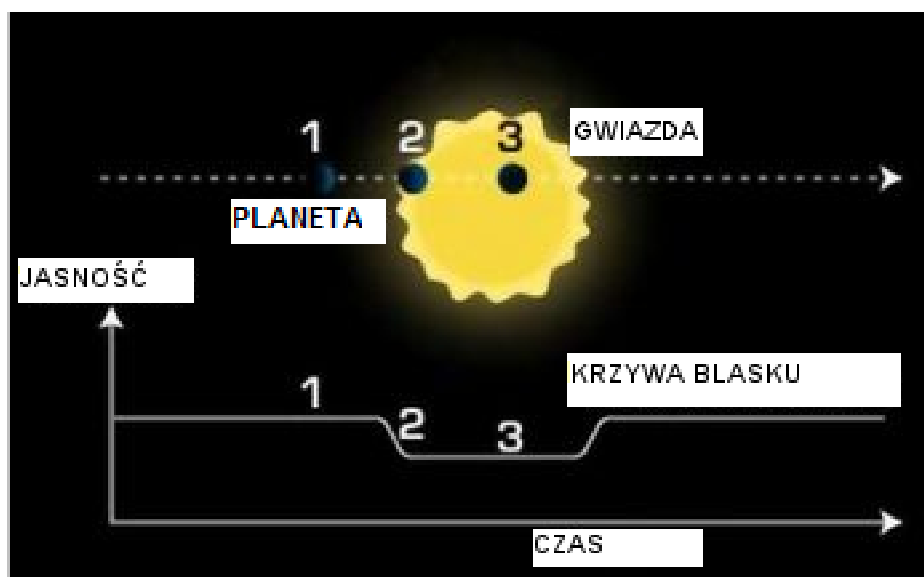
Jest to planeta krążąca wokół jakiejś gwiazdy poza układem słonecznym.

Do grudnia 2008 r. odkryto 335 planet pozasłonecznych. Ich różnorodność sprawia, że klasyfikuje się je według masy, natury, wielkości itp.

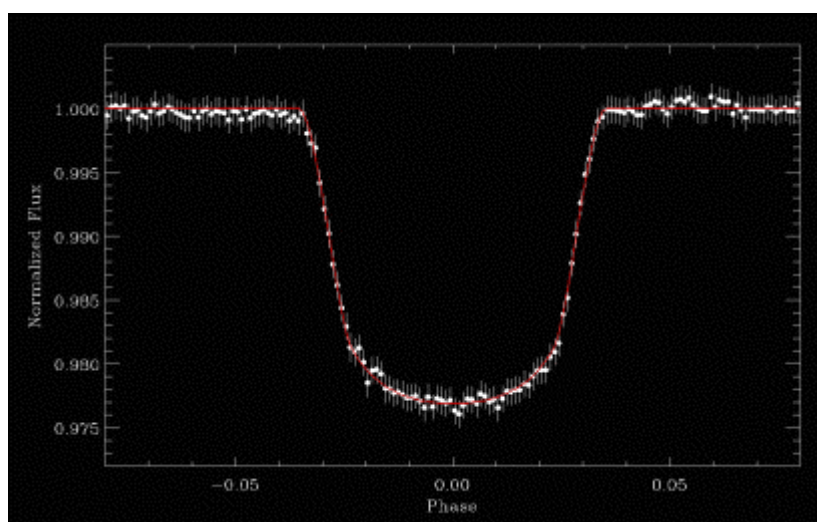
Wykrywanie planet pozasłonecznych jest trudne ze względu na dużą odległość między obserwowanym a planetą. Jest jednak kilka różnych metod detekcji, a najskuteczniejsze z nich to:

-prędkość radialna: pierwsza metoda stosowana do wykrywania planet pozasłonecznych (M. Mayor i D. Queloz w 1995 r.) ale nadal najskuteczniejsza. Pozwala na uzyskanie informacji o masie planety. Na stronie EU-HOU można znaleźć ćwiczenie dla uczniów szkół średnich, „W poszukiwaniu pozasłonecznych planet”, w którym została wykorzystana właśnie ta metoda.

-tranzyt: metoda komplementarna do detekcji przez prędkość radialną. Uwidacznia zmianę jasności gwiazdy, gdy planeta ją przesłania. Dzięki tej metodzie można wyznaczyć również promień planety. Stąd ich klasyfikacja.



Schemat przedstawiający kolejne fazy tranzytu planety pozasłonecznej



Krzywa blasku tranzytu planety pozasłonecznej zaobserwowana przez teleskop Corota (maj 2007)

INSTRUKCJA OBSŁUGI PROGRAMU SALSAJ

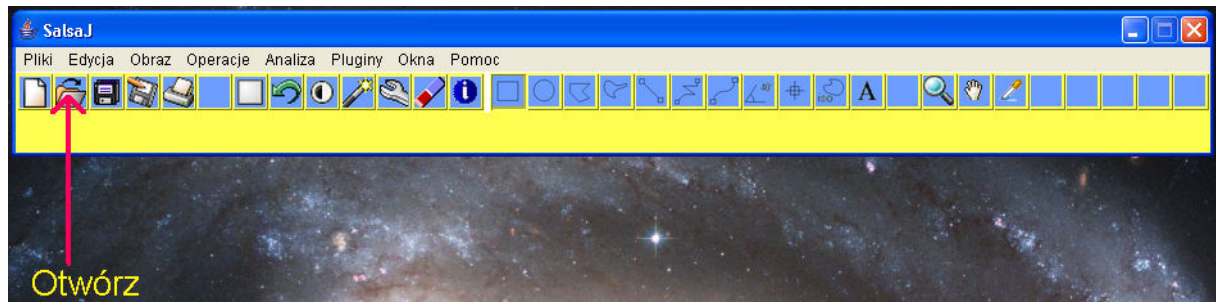
Oprogramowanie do obróbki zdjęć i danych: SalsaJ

SalsaJ to oprogramowanie EU-HOU pozwalające na obróbkę zdjęć ze SPITZERA. Naszym celem jest analiza jasności gwiazd i uzyskanie informacji dotyczących istnienia krążących wokół nich planet.

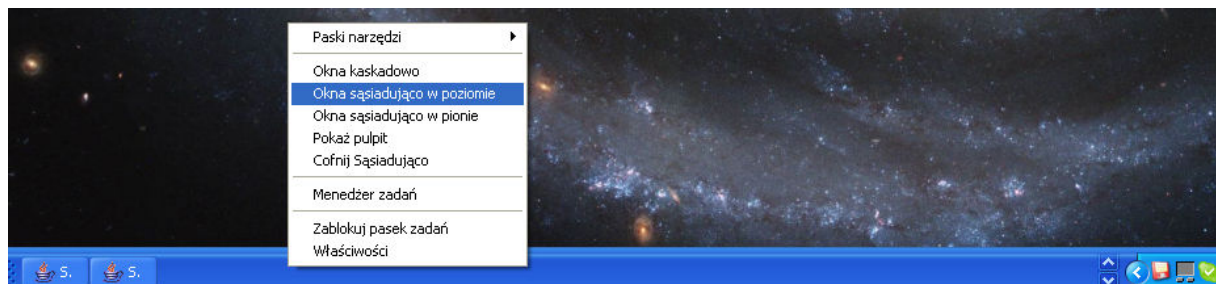
Krok 1-szy: Uruchomienie programu i otwarcie zdjęć

Zapisz plik ze zdjęciami na swoim komputerze i rozpakuj zdjęcia.

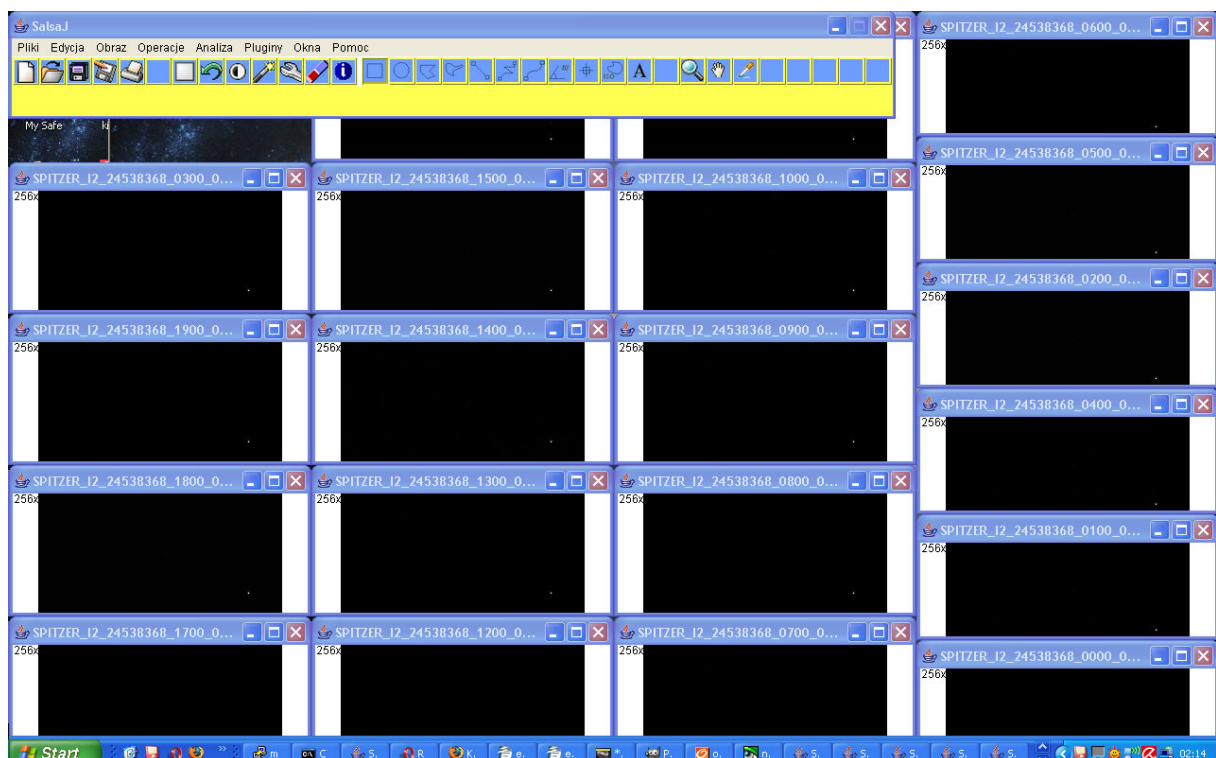
Uruchom program 'SalsaJ'.
Kliknij w przycisk otwierający pliki:



Następnie wybierz 20 kolejnych plików i prawym klawiszem myszy kliknij na pasku pulpitu 'Okna sąsiadujące w poziomie':

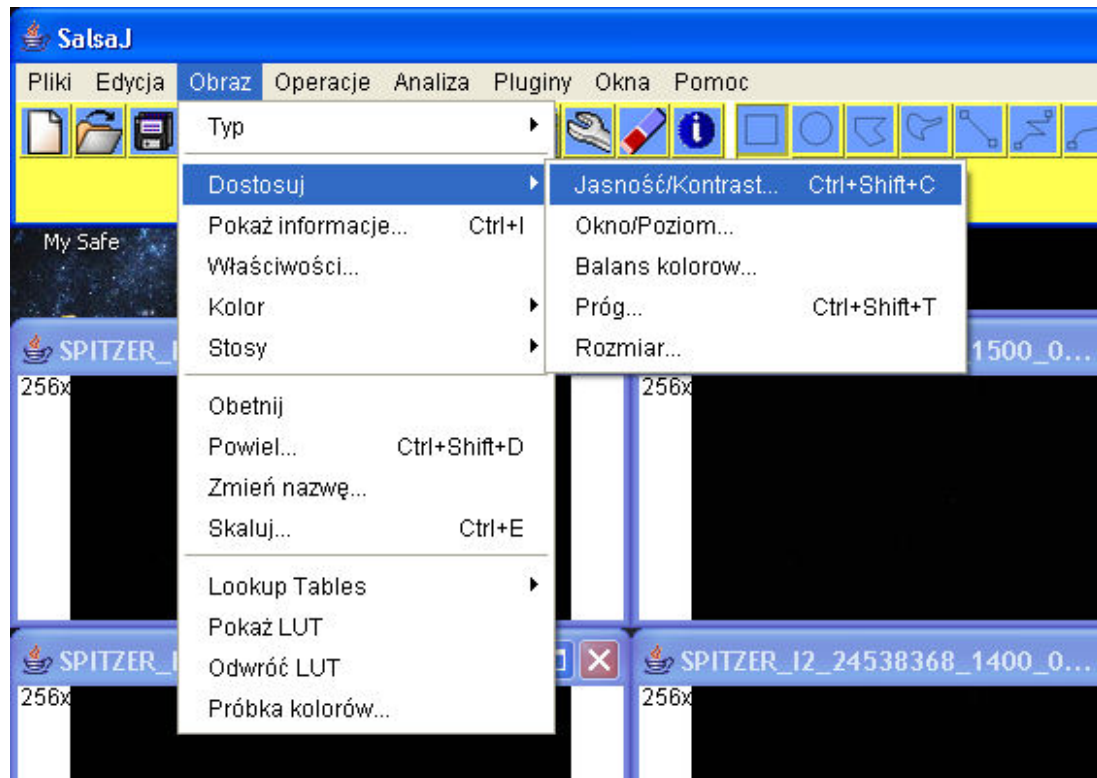


Wówczas wszystkie zdjęcia będą widoczne jednocześnie:

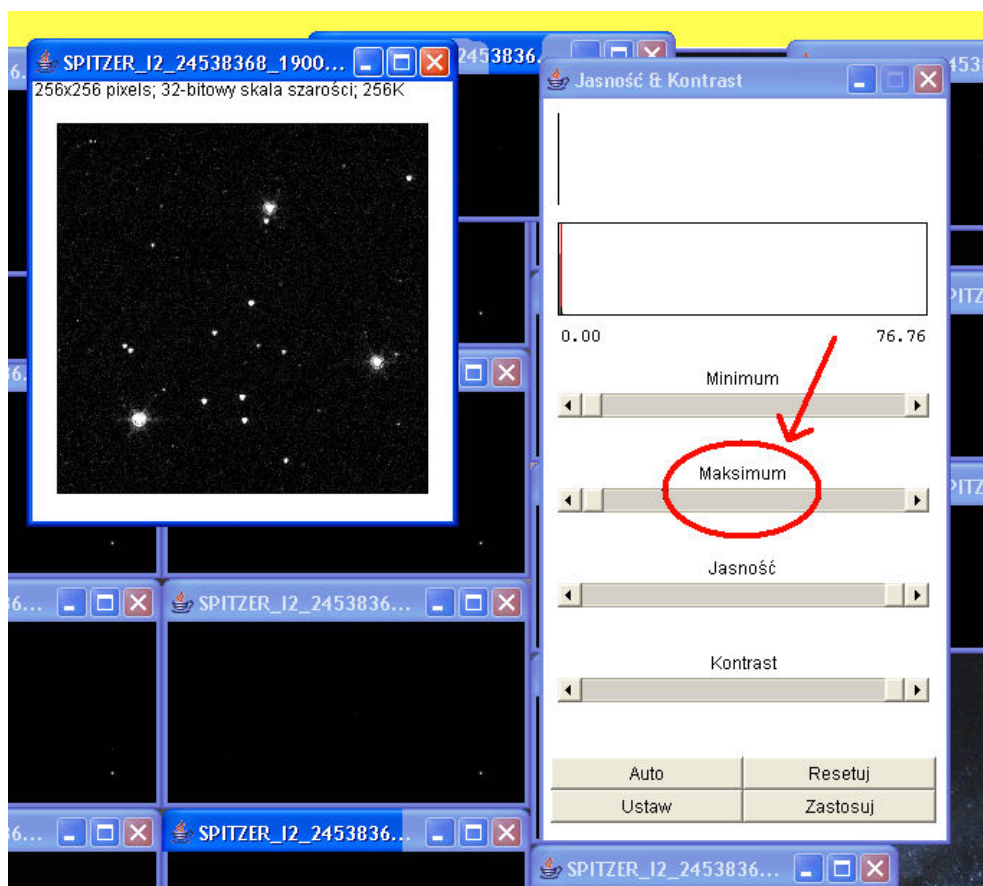


Krok 2-gi: Obróbka obrazów

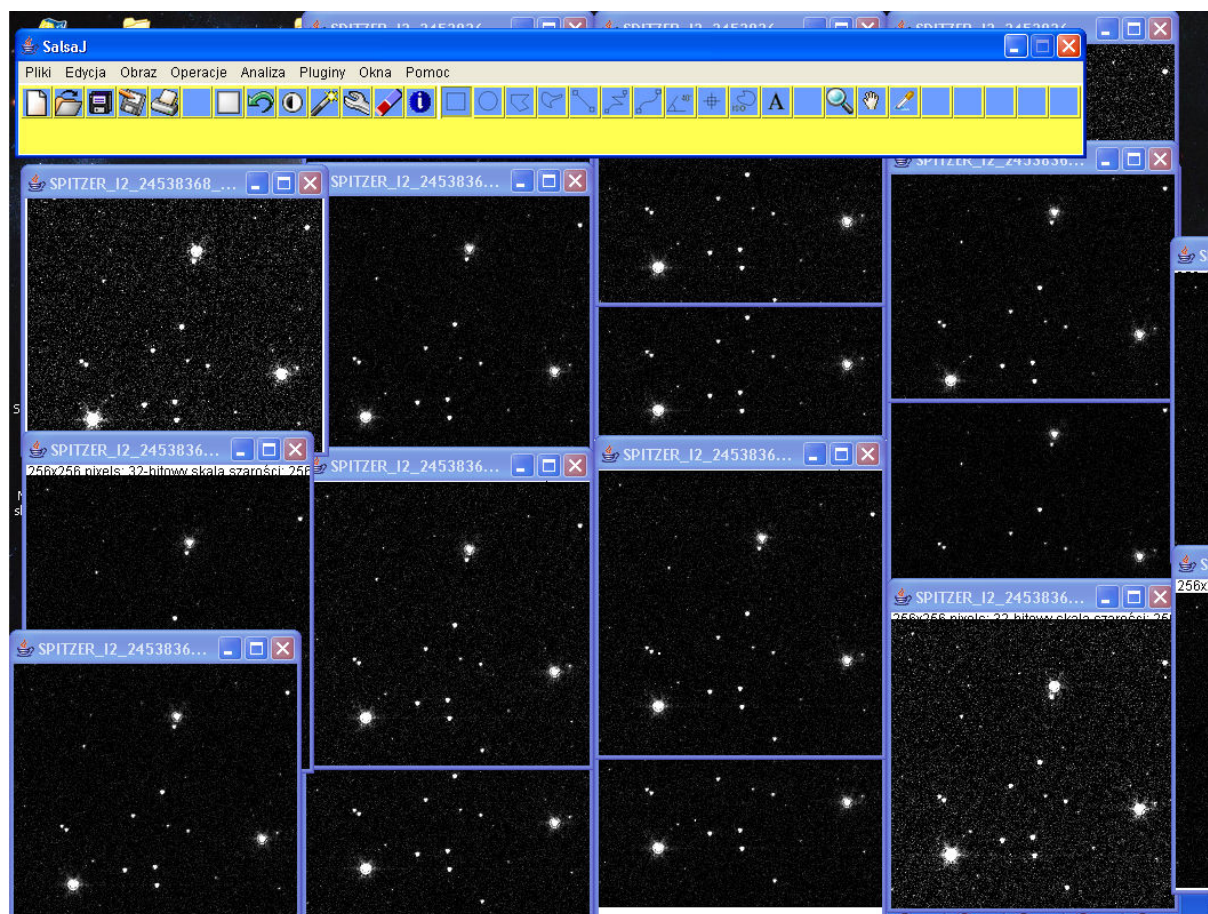
W zakładce '**Obraz**' wybierz '**Dostosuj**' a następnie '**Jasność/Kontrast...**':



Drugi pasek '**Maksimum**' pozwala na uzyskanie jaśniejszego obrazu trzech gwiazd:

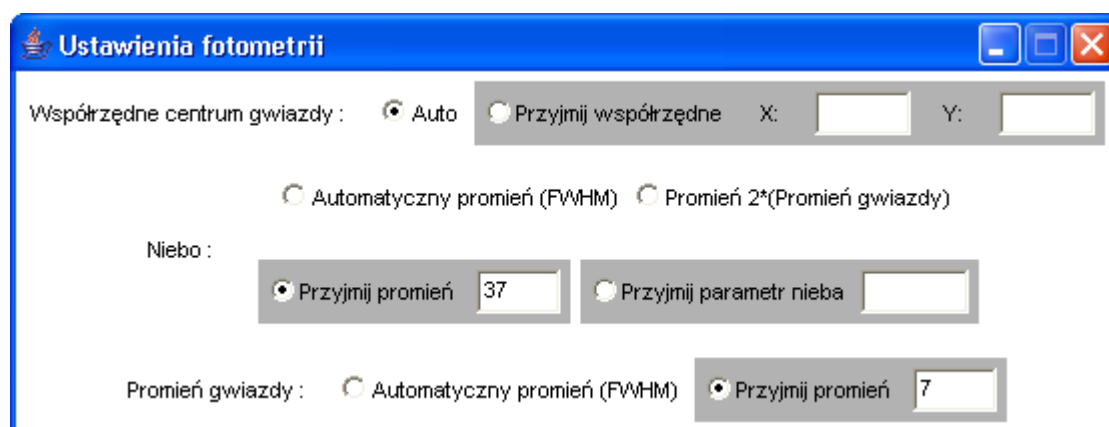


W ten sposób zmodyfikuj wszystkie 20 zdjęć:

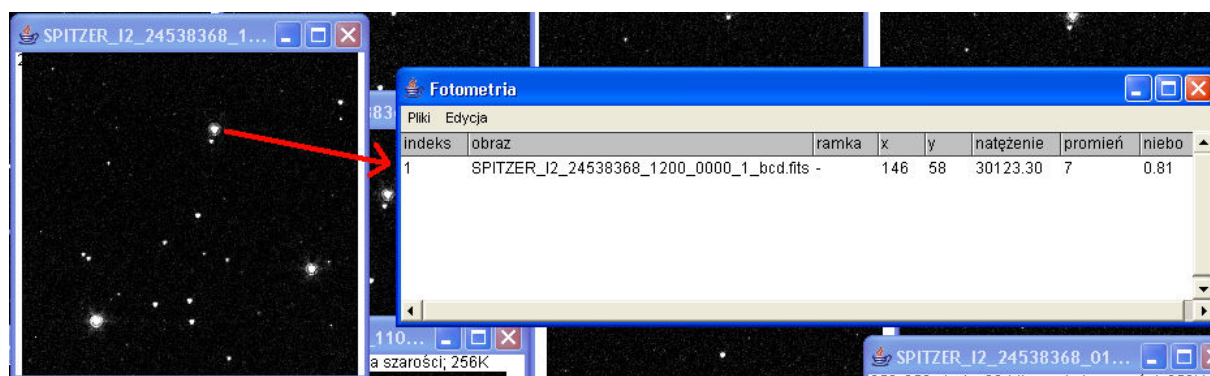


Krok 3-ci: Pomiary fotometryczne

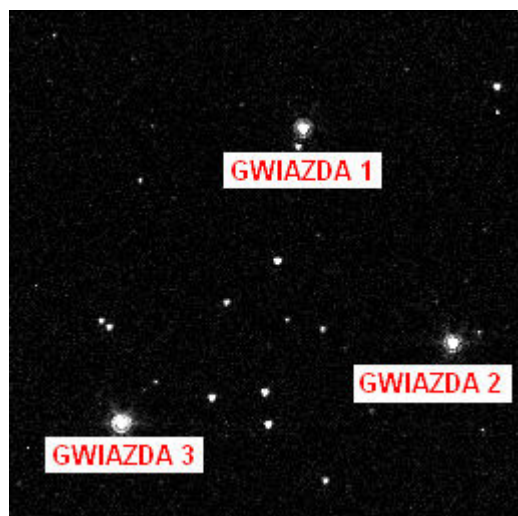
W zakładce '**Analiza**' otwórz '**Ustawienia Fotometrii**' i ustaw je następująco:



W zakładce '**Analiza**' otwórz '**Fotometria**' i nakieruj kursor na pierwszą gwiazdę, żeby zmierzyć jej jasność:



To samo trzeba zrobić ze wszystkimi gwiazdami na wszystkich zdjęciach. Trzy kolejne gwiazdy możemy nazwać następująco:



W końcowym rezultacie uzyskamy 60 pomiarów jasności.

ANALIZA DANYCH W EXCELU

Rysowanie wykresu jasności i identyfikowanie sygnału tranzytu.
Do rysowania wykresu przydatny będzie program EXCEL.

Krok 1-szy: Umieszczanie wyników pomiarów w Excelu.

W okienku fotometrii wybierz **'Zaznacz wszystko'** i zrób transfer wyników pomiarów do Excela:

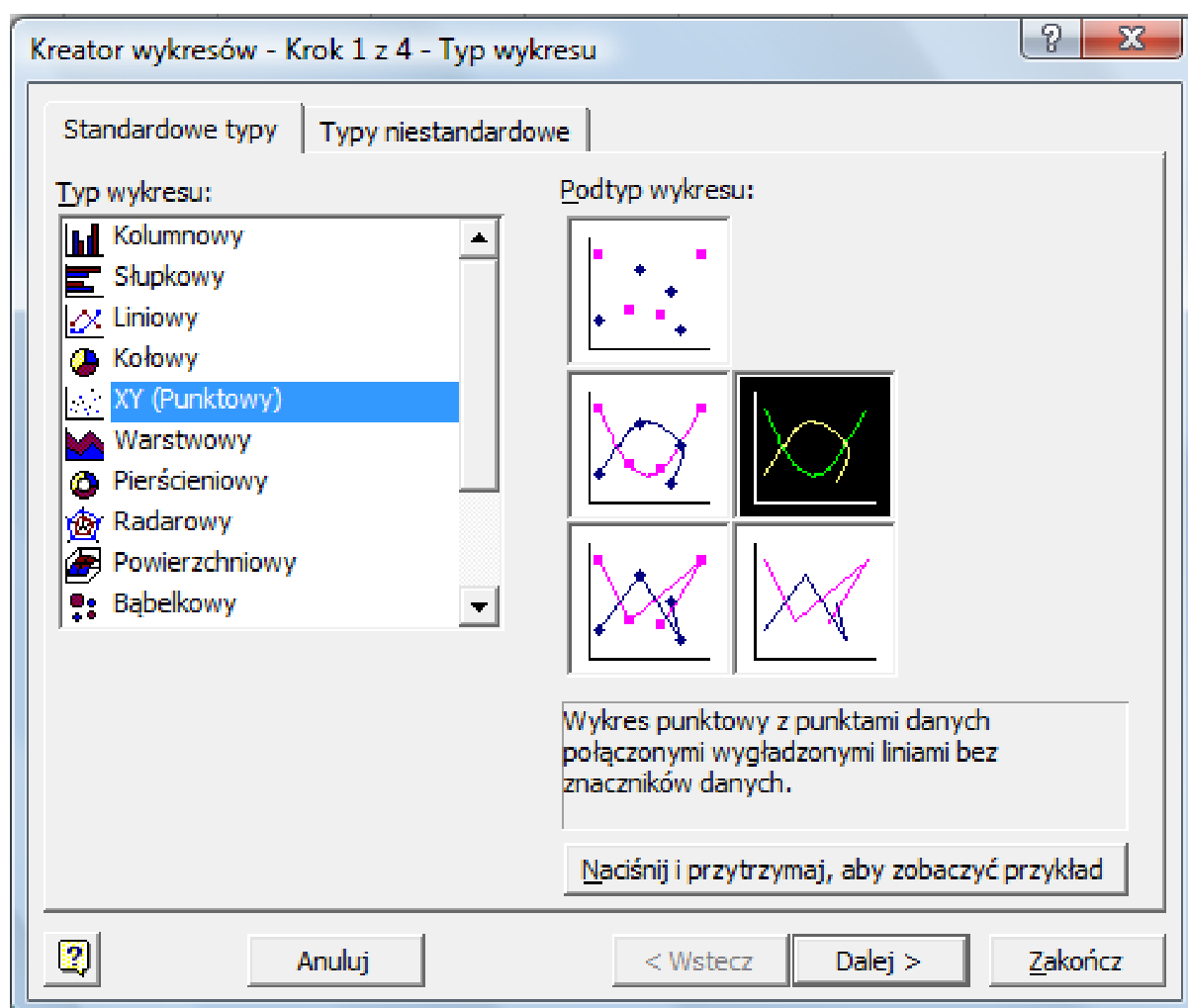
	GWIAZDA 1	GWIAZDA 2	GWIAZDA 3
1	31040	39022	62343
2	30916	39018	62273
3	31075	39042	62313
4	30935	38971	62394
5	30694	38923	62290
6	30698	39107	62385
7	30990	38888	62299
8	31054	38859	62615
9	30574	38962	62184
10	30145	38971	62262
11	30145	39125	62121
12	30217	38953	62222
13	30207	38978	62416
14	30218	38961	62306
15	30538	39144	62314
16	30788	39057	62108
17	30773	38982	62325
18	30955	39067	62017
19	30927	39155	62098
20	31029	39027	62620

Komentarz: Części dziesiętne liczby można spokojnie pominąć, ponieważ skala jasności to 10^4 przez co pomiary nie są aż tak dokładne. Żeby uzyskać wartości całkowite należy użyć funkcji 'Konwertuj...' w zakładce 'Dane'.

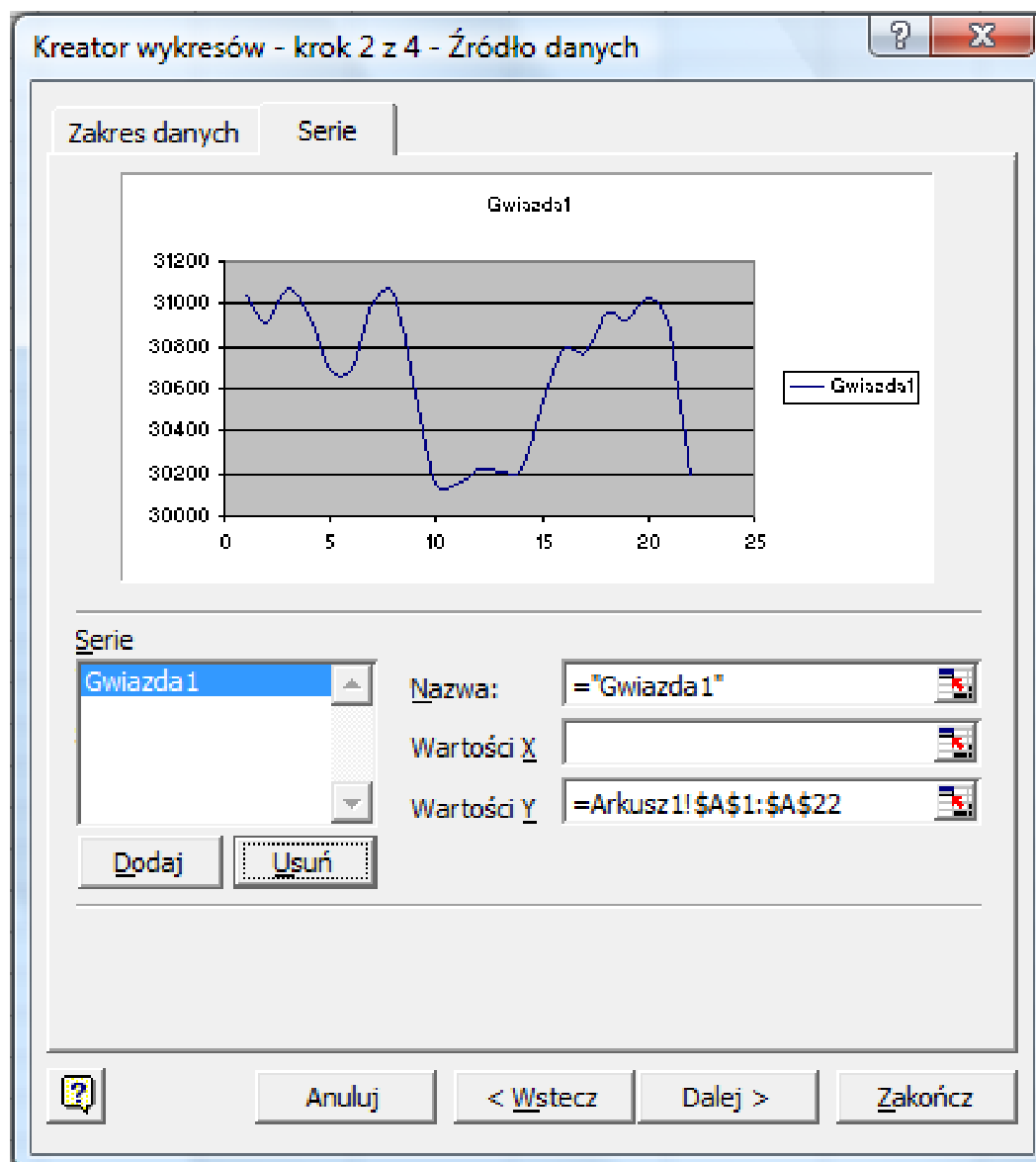
Krok 2-gi: Rysowanie wykresu jasności

Ponieważ skala dla tych gwiazd różni się, należy zacząć od narysowania wykresu dla każdej gwiazdy.

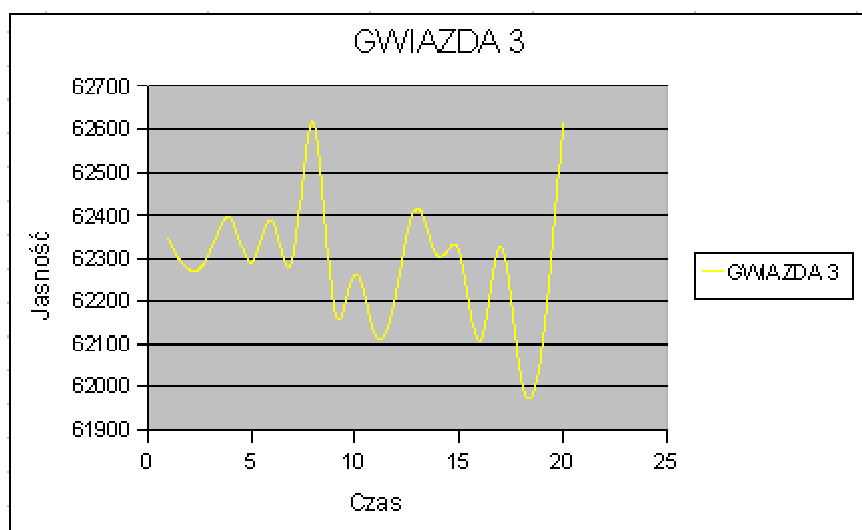
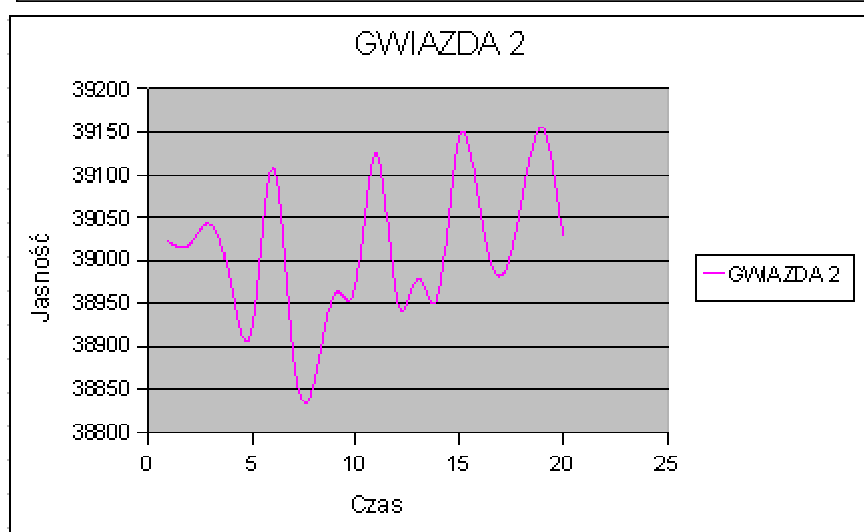
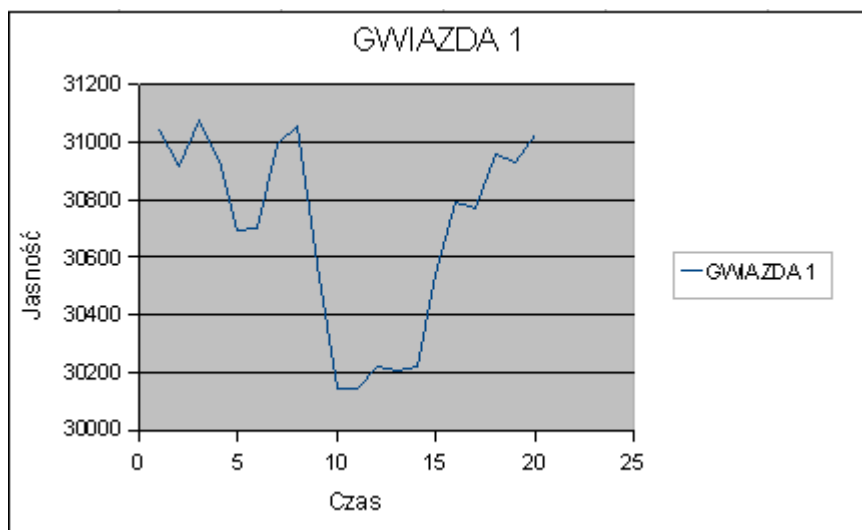
Użyj funkcji **'Wykres...'** w zakładce **'Wstaw'**, a następnie wybierz ze standardowych rodzajów taki, jak pokazany poniżej:



Wybierz 'Dalej',
a następnie skasuj dwa pozostałe wykresy, żeby został tylko jeden:



Zrób to samo dla wszystkich gwiazd, a następnie uzyskamy
dostęp do trzech kolejnych wykresów:



Krok 3-ci: Analiza sygnału między gwiazdami

Na wykresie pokazującym zmiany jasności Gwiazdy 1 widzimy charakterystyczny kształt, który różni się od pozostałych. Można zauważyć, że spadek jasności utrzymuje się przez dłuższy czas, co jest cechą charakterystyczną tranzytu planety przesuwającej się z przodu gwiazdy. Natomiast jasność Gwiazdy 2 i 3 jest mniej więcej stała i wykazuje tylko standardowe wahania.

Porównanie wykresów

Z naukowego punktu widzenia należy wykazać nietypowość Gwiazdy 1 poprzez porównanie wykresu z dwoma pozostałymi w tej samej skali. Ponieważ każdy wykres ma zupełnie inną skalę, trzeba ją znormalizować.

Excel pozwala na bezpośrednie uzyskanie znormalizowanych wyników poprzez zastosowanie odpowiednich matematycznych funkcji.

Krok 1-szy: Uzyskanie wartości znormalizowanych

Dla każdej gwiazdy trzeba utworzyć dodatkową kolumnę z wartościami znormalizowanymi.

	GWIAZDA 1		GWIAZDA 2		GWIAZDA 3	
	pomiary	normalizacja	pomiary	normalizacja	pomiary	normalizacja
1	31040	114,75	39022	11,4	62343	47,75
2	30916	-9,25	39018	7,4	62273	-22,25
3	31075	149,75	39042	31,4	62313	17,75
4	30935	9,75	38971	-39,6	62394	98,75
5	30694	-231,25	38923	-87,6	62290	-5,25
6	30698	-227,25	39107	96,4	62385	89,75
7	30990	64,75	38888	-122,6	62299	3,75
8	31054	128,75	38859	-151,6	62615	319,75
9	30574	-351,25	38962	-48,6	62184	-111,25
10	30145	-780,25	38971	-39,6	62262	-33,25
11	30145	-780,25	39125	114,4	62121	-174,25
12	30217	-708,25	38953	-57,6	62222	-73,25
13	30207	-718,25	38978	-32,6	62416	120,75
14	30218	-707,25	38961	-49,6	62306	10,75
15	30538	-387,25	39144	133,4	62314	18,75
16	30788	-137,25	39057	46,4	62108	-187,25
17	30773	-152,25	38982	-28,6	62325	29,75
18	30955	29,75	39067	56,4	62017	-278,25
19	30927	1,75	39155	144,4	62098	-197,25
20	31029	103,75	39027	16,4	62620	324,75
średnia	30925,25		39010,6		62295,25	

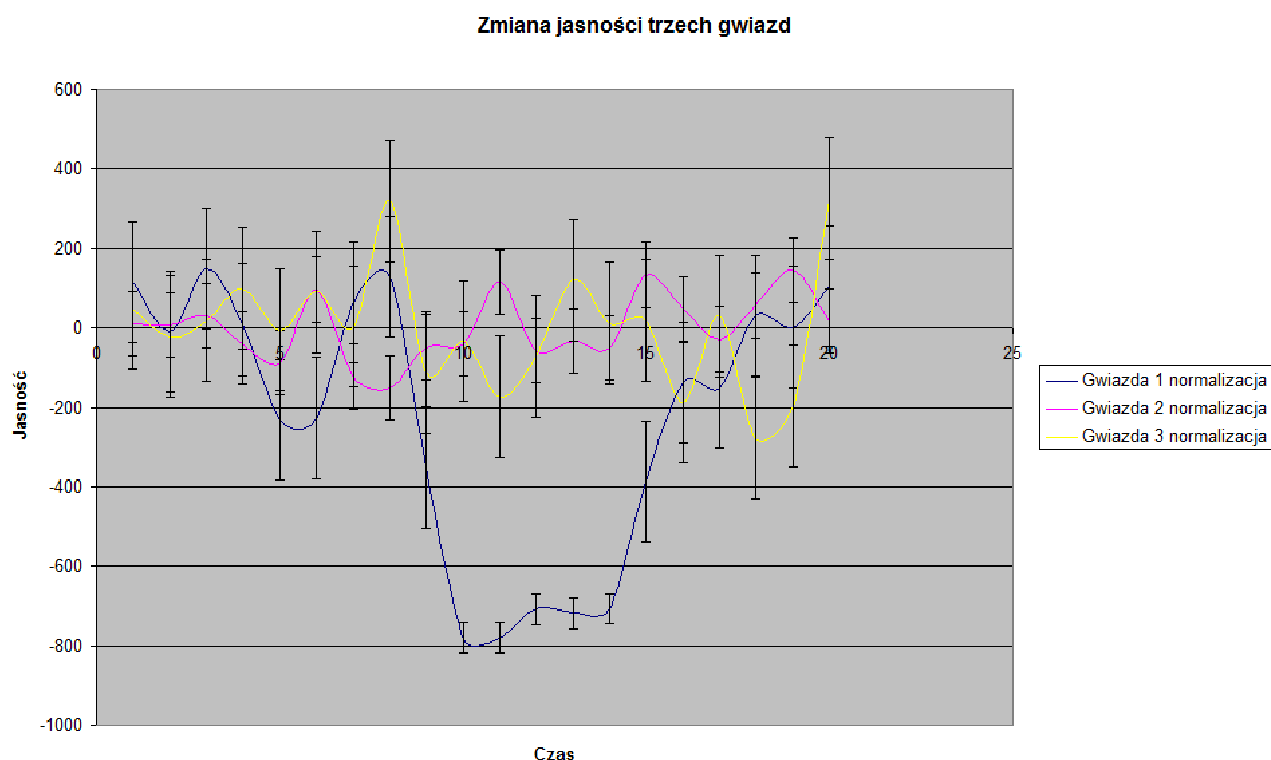
Żeby wyliczyć średnią wartość pomiarów wybierz 'Funkcja...' w zakładce 'Wstaw'. Znormalizowaną wartość można uzyskać po wpisaniu w odpowiednie kratki wyniku odejmowania wartości

początkowej od średniej. Ze względu na spadek jasności należy uwzględnić tylko początkowe wartości (od 1 do 8).

Krok 2-gi: Nakładanie na siebie trzech nowych wykresów

Nowe wykresy należy umieścić na jednej stronie. Tworzy się je zgodnie z wcześniejszym opisem.

Można wówczas porównać je ze sobą i zidentyfikować sygnał powstały w wyniku tranzytu.



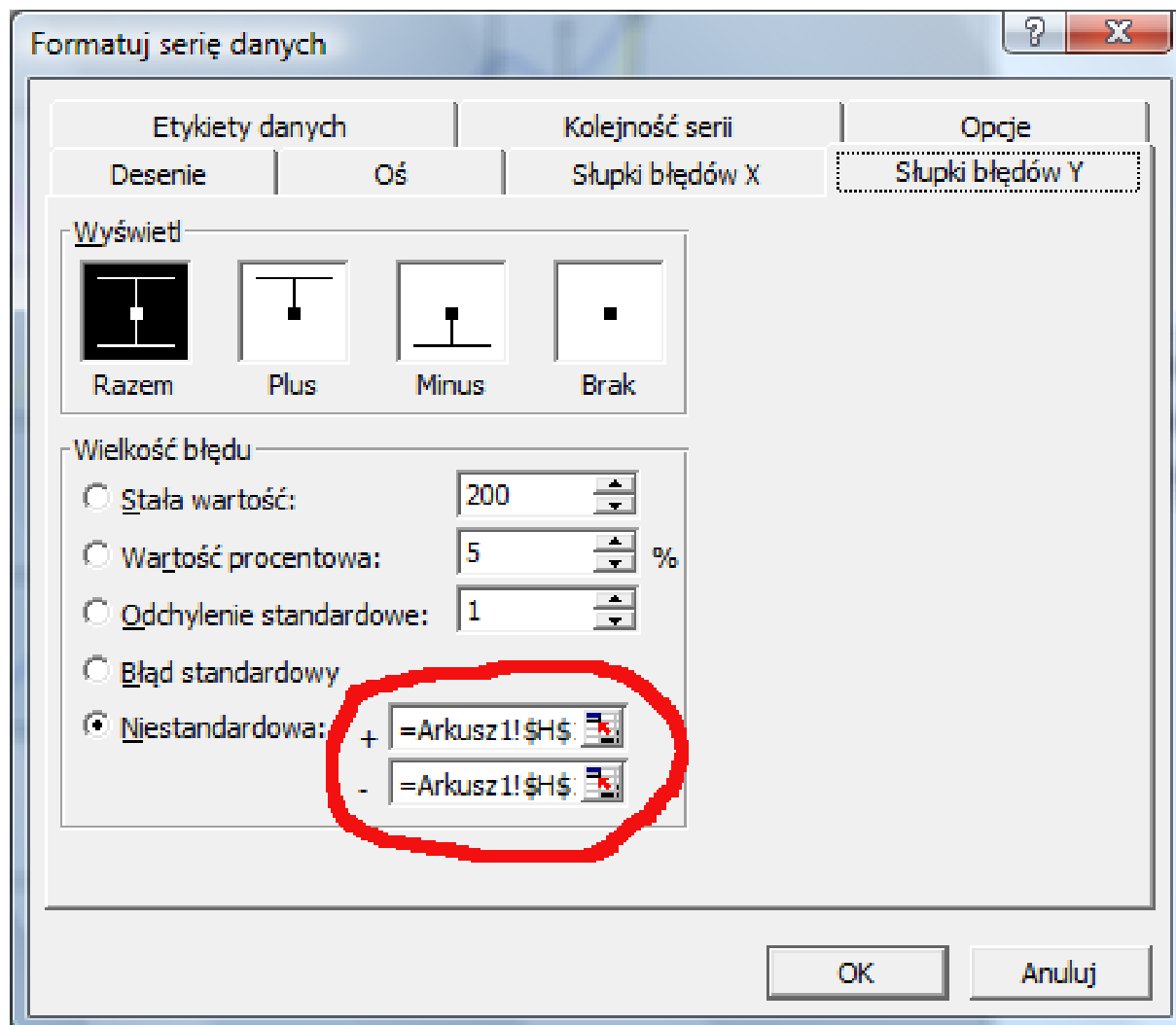
Wykresy dla Gwiazdy 2 i 3 charakteryzują się stosunkowo małymi zmianami jasności. Natomiast na wykresie dla Gwiazdy 1 widać specyficzny, rozciągnięty w czasie spadek jasności.

Krok 3-ci: Dodawanie szczegółowych danych do wykresu

W wyliczeniach należy uwzględnić również błędy mogące wynikać z kilku czynników. Można to zrobić przez zastosowanie funkcji Excela 'odchylenie standardowe'.

Żeby wyliczyć wartość odchylenia standardowego dla Gwiazdy 1, wybierz '**Funkcja...**' z zakładki '**Wstaw**'. Ze względu na spadek jasności warto oddzielnie uwzględnić początkowe wartości (punkty od 1 do 8) i wartości w minimum (punkty od 10 do 14). W przypadku Gwiazdy 2 i 3 możemy zmienić ustawienia słupka błędów ze stałej wartości na odchylenie standardowe.

Ustaw kursor na wykresie, kliknij prawym przyciskiem myszy i wybierz 'Formatuj serie danych...'. Przejdź do zakładki 'Słupki błędów Y' i w okienku 'Niestandardowe' wpisz położenie kolumny z odchyleniem standardowym w górnej i dolnej części słupka błędów.

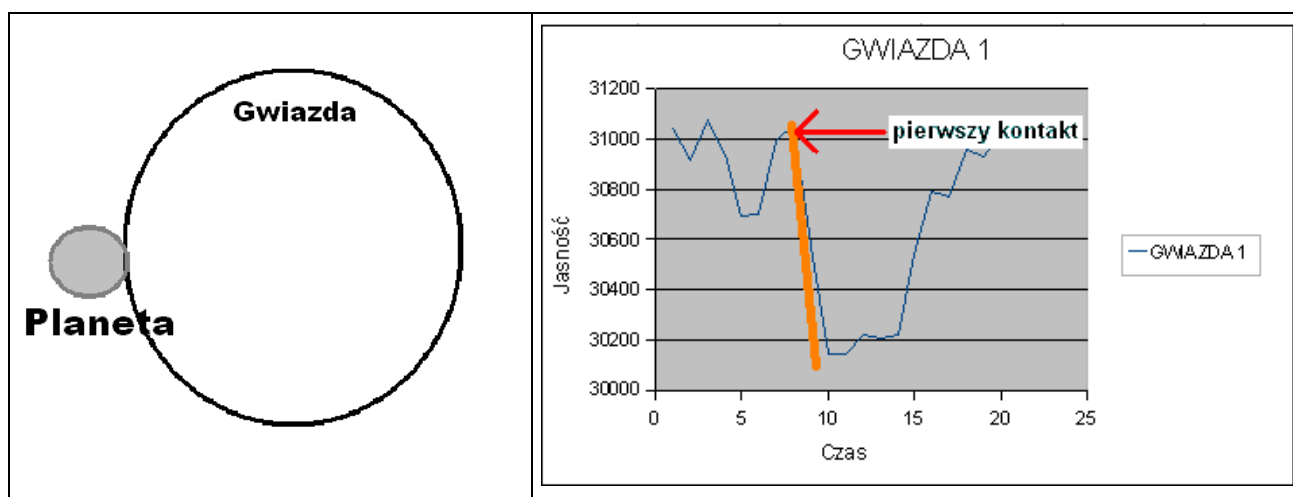


INTERPRETACJA WYNIKÓW: METODA TRANZYTU

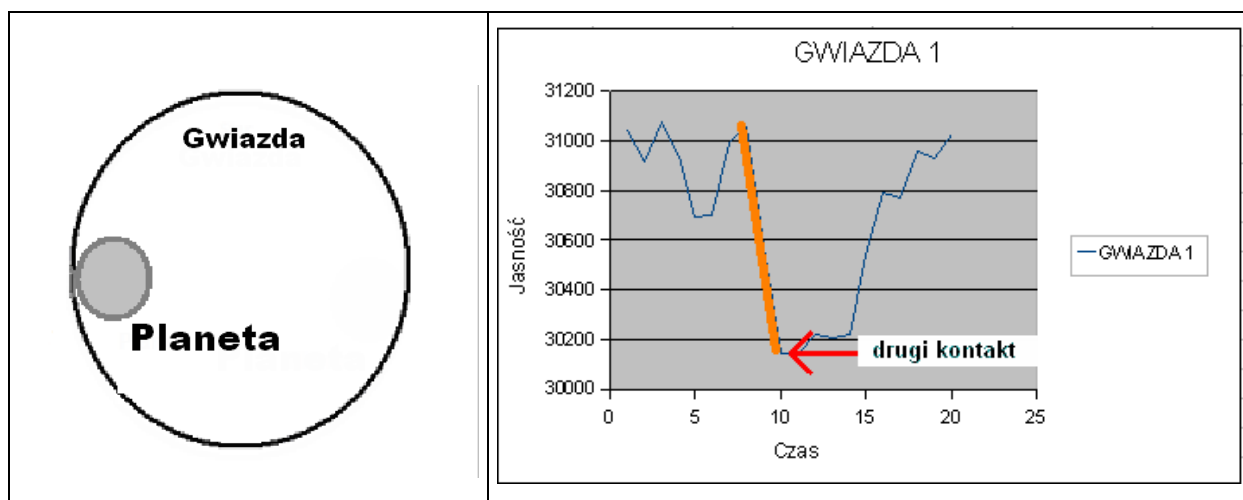
Analogie między spadkiem jasności ("Fotometryczna głębokość tranzytu") a tranzytem

Podczas tranzytu obwód planety styka się w jednym punkcie z obwodem gwiazdy czterokrotnie.

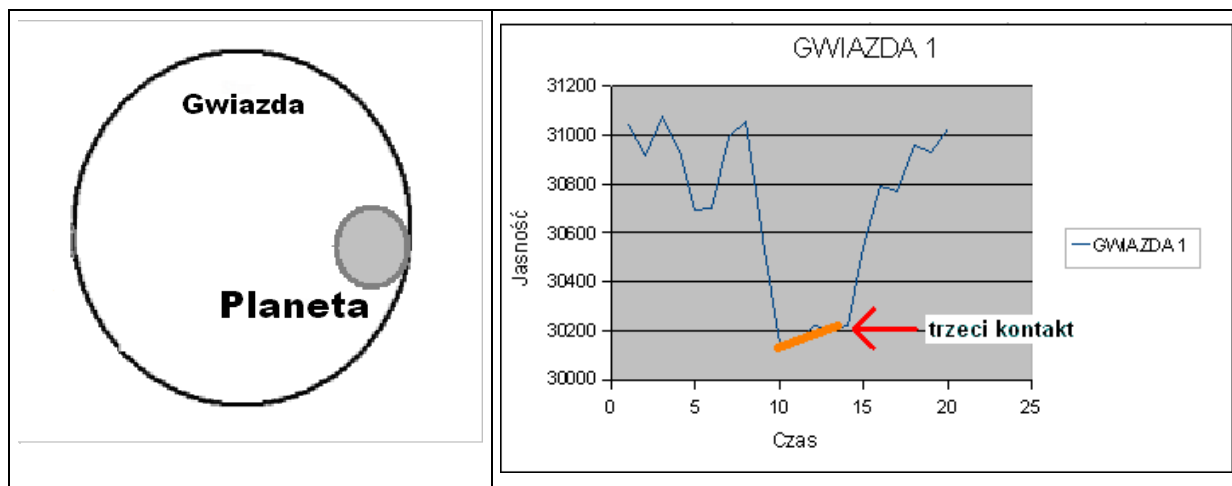
1) Pierwszy kontakt: Planeta jest całkowicie poza gwiazdą ale przemieszcza się w jej stronę



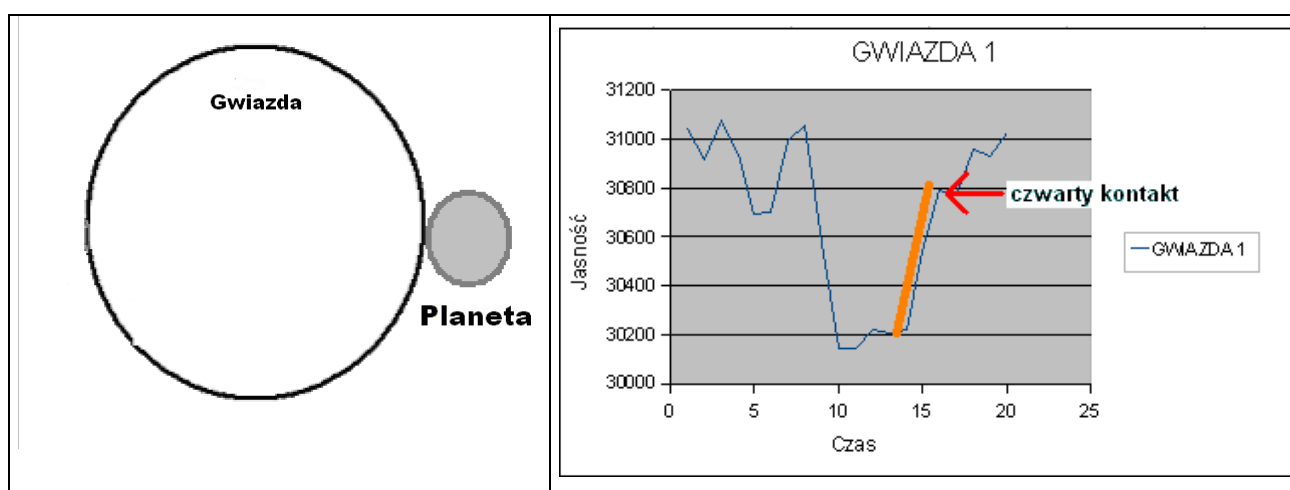
2) Drugi kontakt: planeta jest całkowicie w obwodzie gwiazdy i przesuwa się ku jej środkowi



3) Trzeci kontakt: planeta jest całkowicie w obwodzie gwiazdy i przesuwa się poza nią



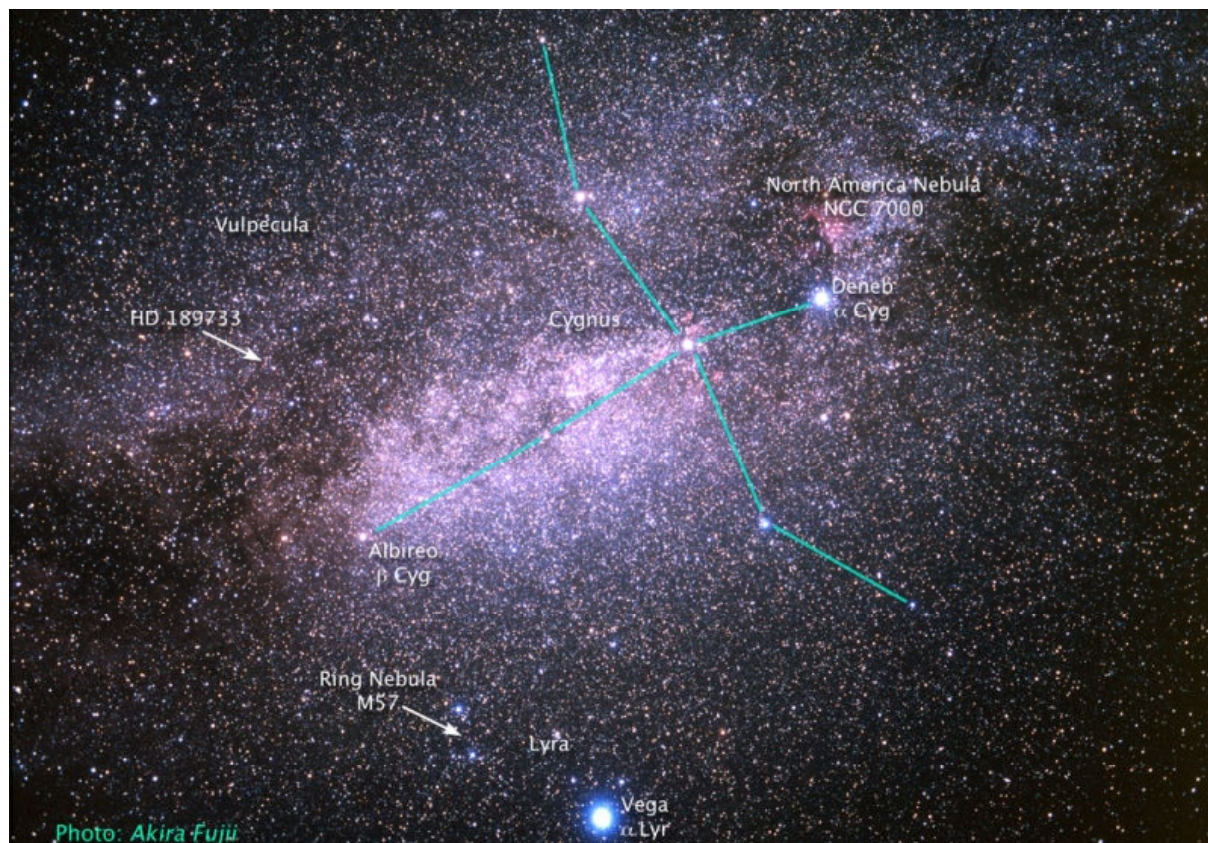
4)Czwarty kontakt: planeta jest całkowicie poza gwiazdą i oddala się od niej



INDEKS

*Planeta pozasłoneczna HD 189733b

Planeta krążąca wokół gwiazdy HD 189733 została odkryta 5-tego października 2005 r. Planeta została sklasyfikowana jako gazowy olbrzym typu jowiszowego o bardzo ciasnej orbicie o okresie 2,2 dni. Znajduje się w odległości około 63 lat świetlnych w gwiazdozbiore Liska.



<http://apod.nasa.gov/apod/ap080321.html>

Jej położenie zostało pokazane na tym szerokokątnym obrazie nieba północnego przedstawiającym gwiazdozbiór Łabędzia.

Fizyczne właściwości planety są następujące:

- masa: 1,13 MJ
- promień: 1,138 RJ
- grawitacja powierzchniowa: 21,2 m/s²
- temperatura: 1117 K

****Przyrząd do wykrywania planet pozasłonecznych: teleskop SPITZERA**

Teleskop Kosmiczny Spitzera (dawniej znany jako SIRTf czyli Space Infrared Telescope Facility) został wystrzelony na orbitę 25 sierpnia 2003 r. z Przylądka Canaveral na Florydzie. To jak dotąd największy teleskop na podczerwień (0,85 metra) umieszczony na orbicie wyposażony w bardzo wrażliwe urządzenia pomiarowe. Wykrywa energię podczerwoną lub ciepło emitowane przez obiekty w kosmosie w zakresie między 3 a 180 mikronów (1 mikron to jedna milionowa metra).

Spitzer to ostatni teleskop w programie Wielkich Obserwatoriów NASA. Program zakładał utworzenie czterech obserwatoriów na orbicie obserwujących Wszechświat w odmiennym świetle: Teleskop Kosmiczny Hubble'a HST (światło widzialne i podczerwień), Teleskop Kosmiczny Comptona CGRO (promienie gamma) oraz Teleskop Kosmiczny Chandra CXO (ultrafiolet).