

OBSERWACJE POZYCYJNE PLANETOID



Tomasz Kluwak

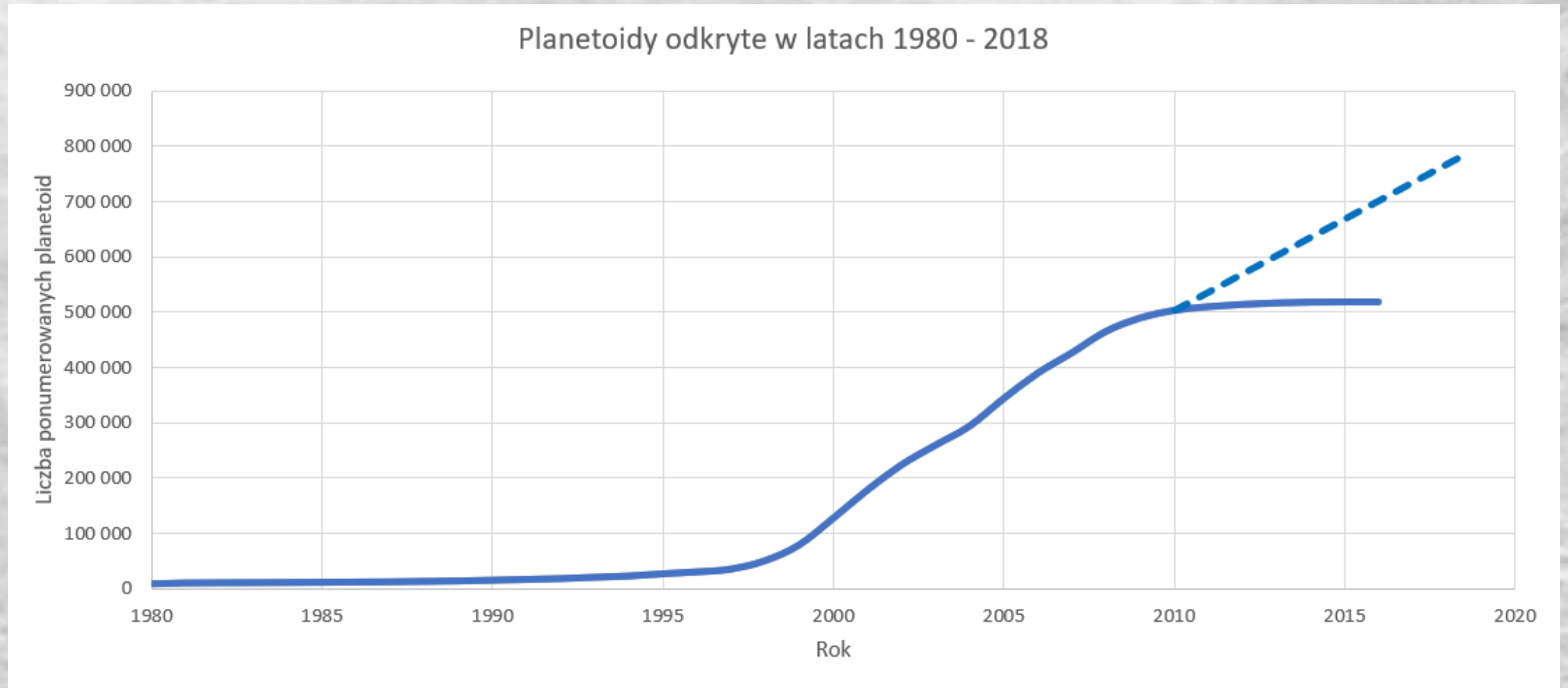
Łódź 26.05.2018



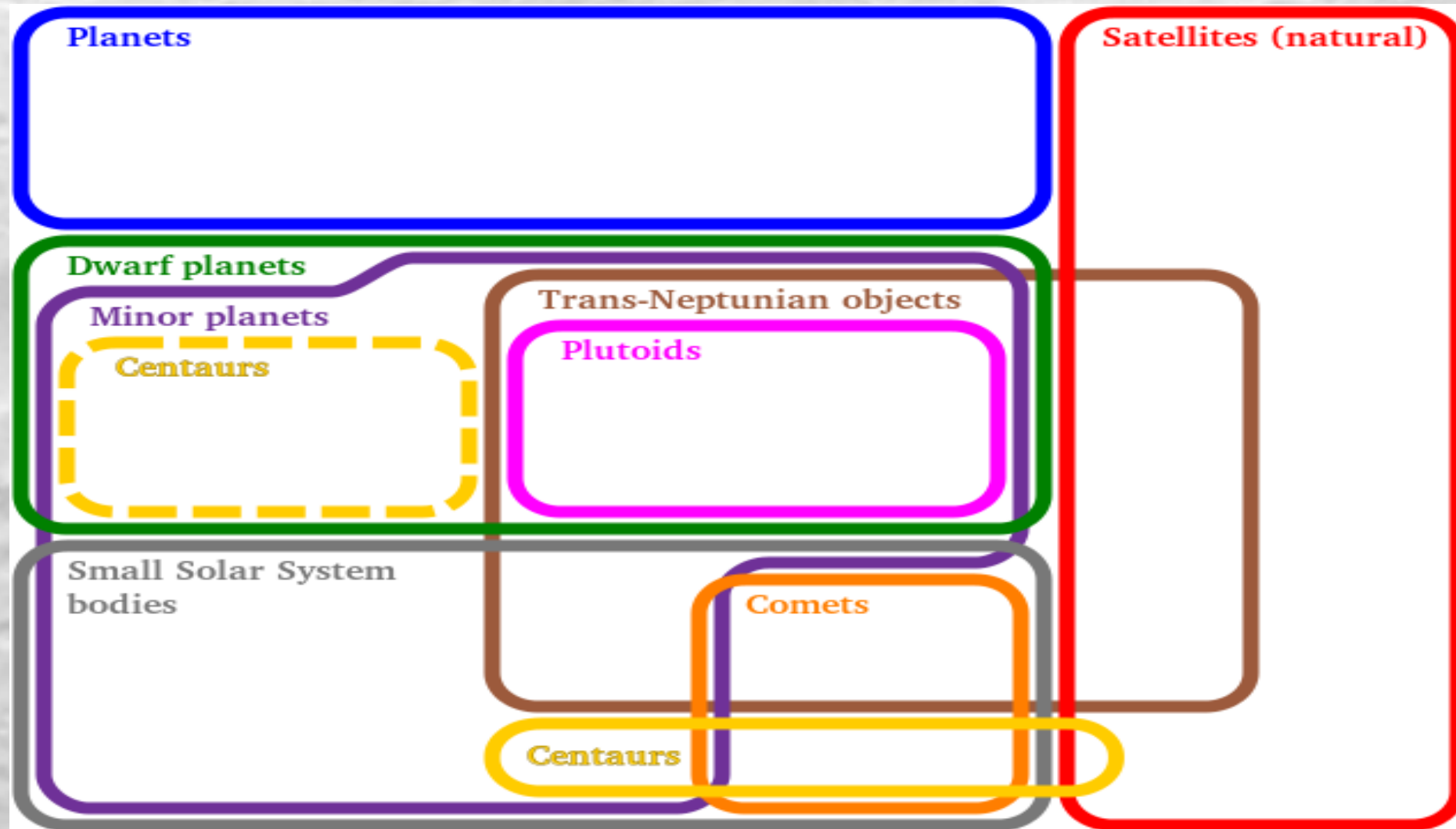
Dlaczego obserwujemy planetoidy?

- Czysta wiedza
 - Historia Układu Słonecznego
 - Międzygwiazdni przybysze
 - Pochodzenie życia
 - Źródło wody na Ziemi
 - ...
- Praktyczne zastosowanie
 - Kopalnie kosmiczne
 - Podróże międzyplanetarne
- Niebezpieczeństwo dla życia na Ziemi
 - zderzenia

Nasza wiedza o planetoidach



Co to jest „planetoida”?



Minor planets

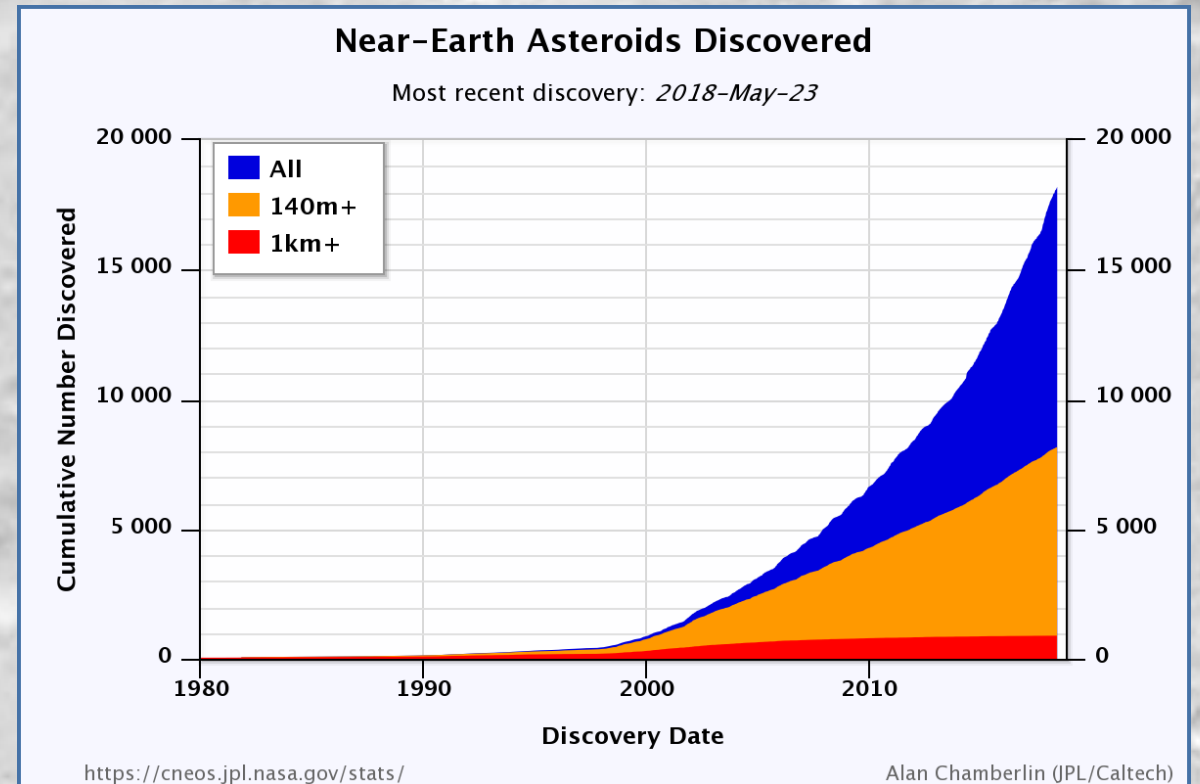
- Asteroids
 - Near-Earth Asteroids
 - Earth Trojans
 - Mars Trojans
 - Asteroid belt
 - Jupiter Trojans
- Distant Minor Planets
 - Centaurs
 - Neptune Trojans
 - Trans-neptunian Objects
- Ale nie komety!

Klasyfikacja planetoid

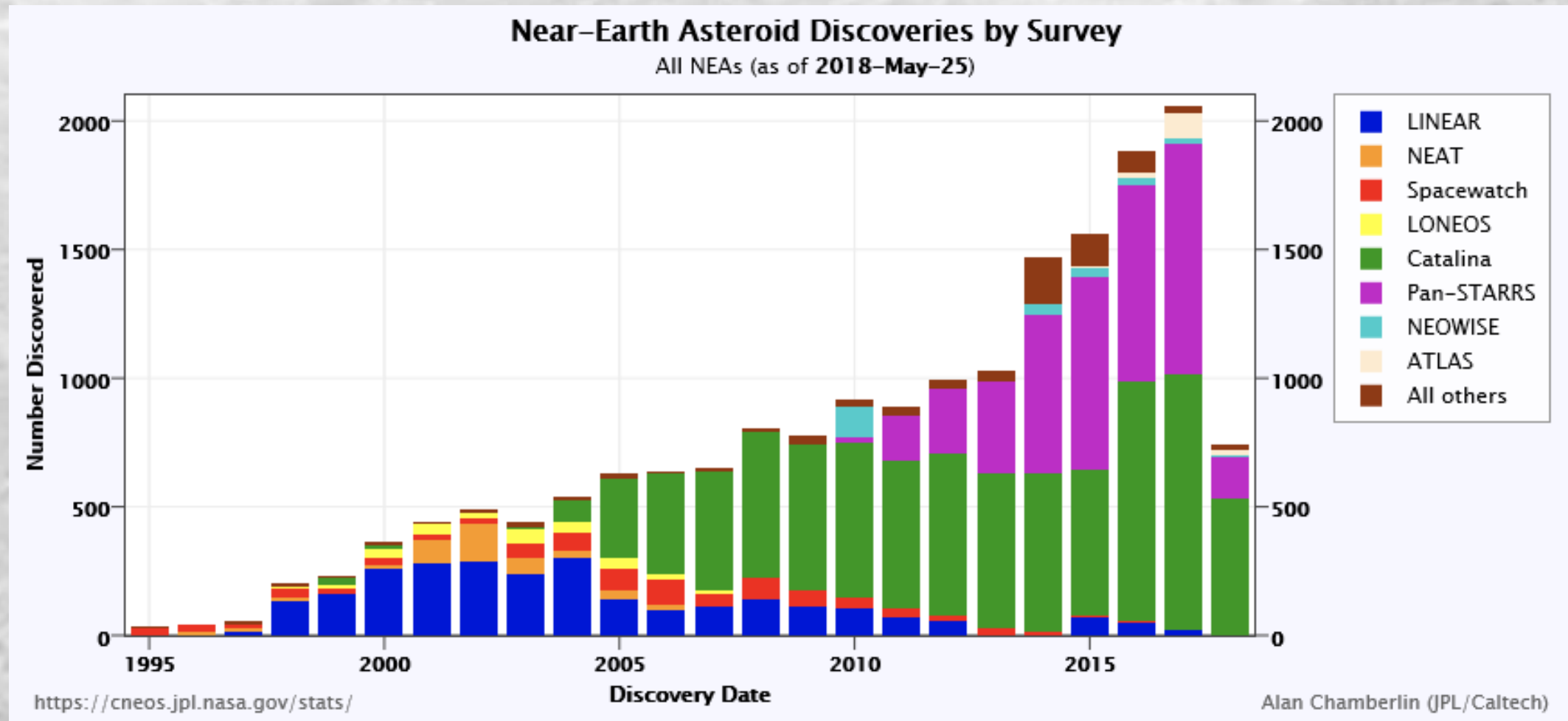
- Ze względu na orbity, np.
 - Obiekty bliskie Ziemi
 - Grupy: Atiry, Ateny, Apolla, Amora
 - Obiekty pasa głównego
 - Centaury
 - Obiekty transneptunowe
 - Obiekty międzygwiazdne
- Ze względu na cechy fizyczne
 - Wielkość, typ spektralny, albedo, parametr rozpraszania
- Rodziny planetoid
 - Planetoidy o podobnych orbitach i cechach fizycznych

NEO – Obiekty bliskie Ziemi

- Planetoidy (i komety!) o peryhelium mniejszym niż 1.3 AU
- Jeśli orbita przecina orbitę Ziemi, a obiekt ma rozmiar większy niż 140m jest klasyfikowany jako PHO (Obiekt potencjalnie niebezpieczny)
- Zdecydowana większość NEO i PHO to planetoidy:
 - NEA ~18.200
 - NEC ~100
 - PHA ~1.900



Kto odkrywa NEO?



Obserwacje planetoid

- Zakrycia
- Astrometria
- Fotometria
- Spektroskopia
- Polarymetria
- Obserwacje radarowe
- Obserwacje w podczerwieni (sonda WISE)
- Obserwacje pozaatmosferyczne (sonda Gaia)
- Obserwacje bezpośrednie (sondy kosmiczne)

Co z tego mamy?

- Zakrycia – kształt, rozmiar, satelity, pierścienie, orbita
- Astrometria – orbita, satelity
- Fotometria – właściwości fizyczne, kształt, satelity
- Spektroskopia – właściwości fizyczne (skład)
- Polarymetria – właściwości fizyczne (porowatość)
- Obserwacje radarowe – kształt, rozmiar, satelity, orbita

Obserwacje amatorskie

- Zakrycia
- Astrometria
- Fotometria

Obserwacje astrometryczne

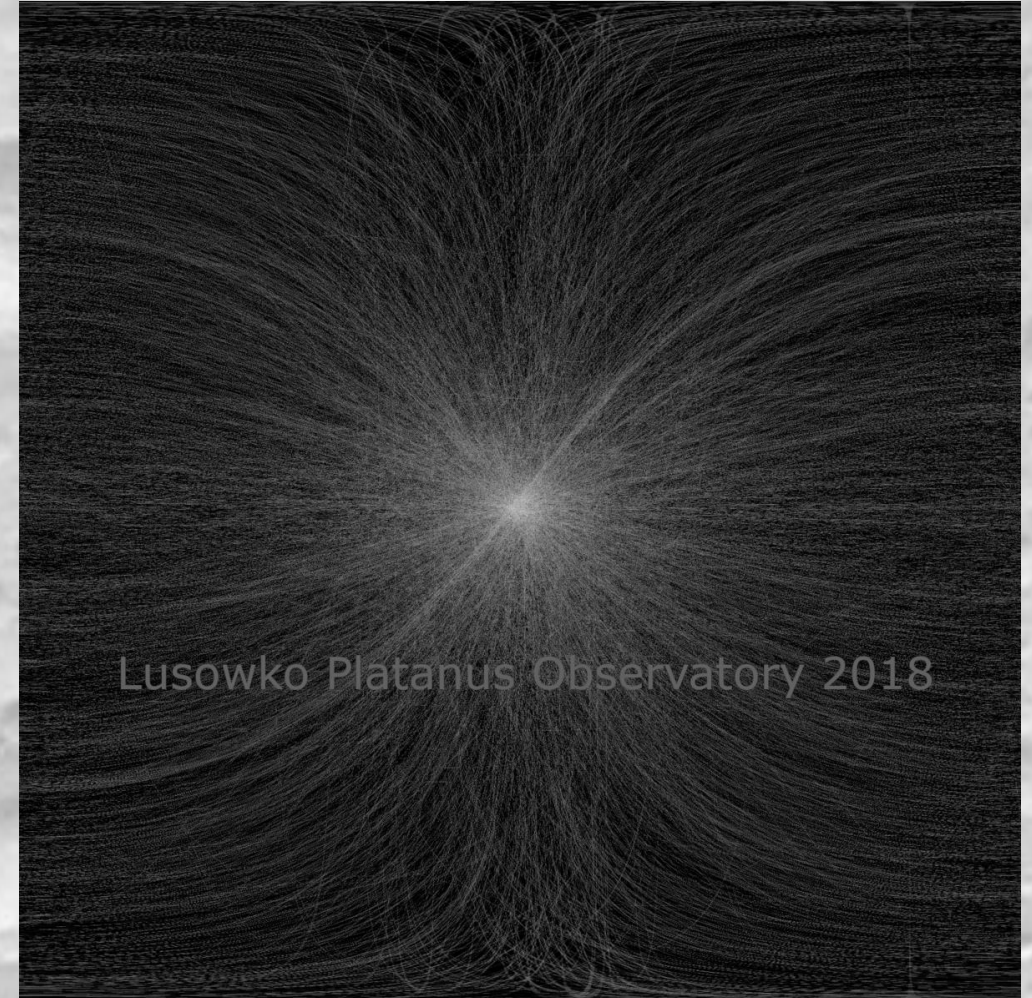
- Podstawowe pomiary umożliwiające wyznaczenie orbity
- Umożliwiają badanie perturbacji
- Umożliwiają badanie efektu Jarkowskiego i innych zakłóceń niegravitacyjnych



- Przewidywanie położenia planetoidy w przyszłości
- Planowanie lotów sond kosmicznych
- Wczesne wykrywanie możliwych zderzeń z Ziemią

Obserwatorium „Pod Platanem” Lusowko Platanus Observatory K80

- Jedyne obserwatorium na terenie Polski, które wykonało obserwacje astrometryczne obiektów NEO dla MPC w ciągu ostatnich 10 lat.
- Liczba obserwacji – ok. 100 tys.
- Liczba zaraportowanych obserwacji - ponad 200.
- Algorytmy polepszające astrometrię:
 - Wyznaczanie środka centroidów
 - Astrometria wspomagana analizą ruchu



Lusowko Platanus Observatory K80

- Astrograf Celestron Rowe-Ackermann-Schmidt
 - 11"
 - f/2.2
 - płaskie pole o średnicy 43.3 mm
- Montaż NEQ6 Pro
- Kamera monochromatyczna CMOS ZWO ASI290MM
- Kamera monochromatyczna CMOS ASI1600MM chłodzona
- Celestron NexStar 8 SE z reduktorem
 - SCT 8"
 - f/7.5
- Kamera analogowa Watec 120N+
- Inserter czasu GPS



Lusowko Platanus Observatory K80

- ZWO CMOS ASI290MM
 - Exposure range: 32 μ s – 2000s
 - Resolution: 1936 x 1096
 - FOV: 30.9' x 17.5'
 - Pixel size: 0.29 μ m = 0.96"
 - Speed at full resolution, full ADC: 82.2 fps
 - Speed at 320x240, 10bit: 737.5 fps
 - ADC: 12 bits
 - Read noise: 1.0e @30db
 - QE*: >80 (max at 590 nm)



Lusowko Platanus Observatory K80

Astrograf RASA + kamera ASI 290MM

Zasięg gwiazdowy:

do 16.5 mag w 1 sek.

do 17.0 mag w 3 sek.

do 18.0 mag w 10 sek.

do 19.5 mag w 300 sek. (300 x 1 sek.)

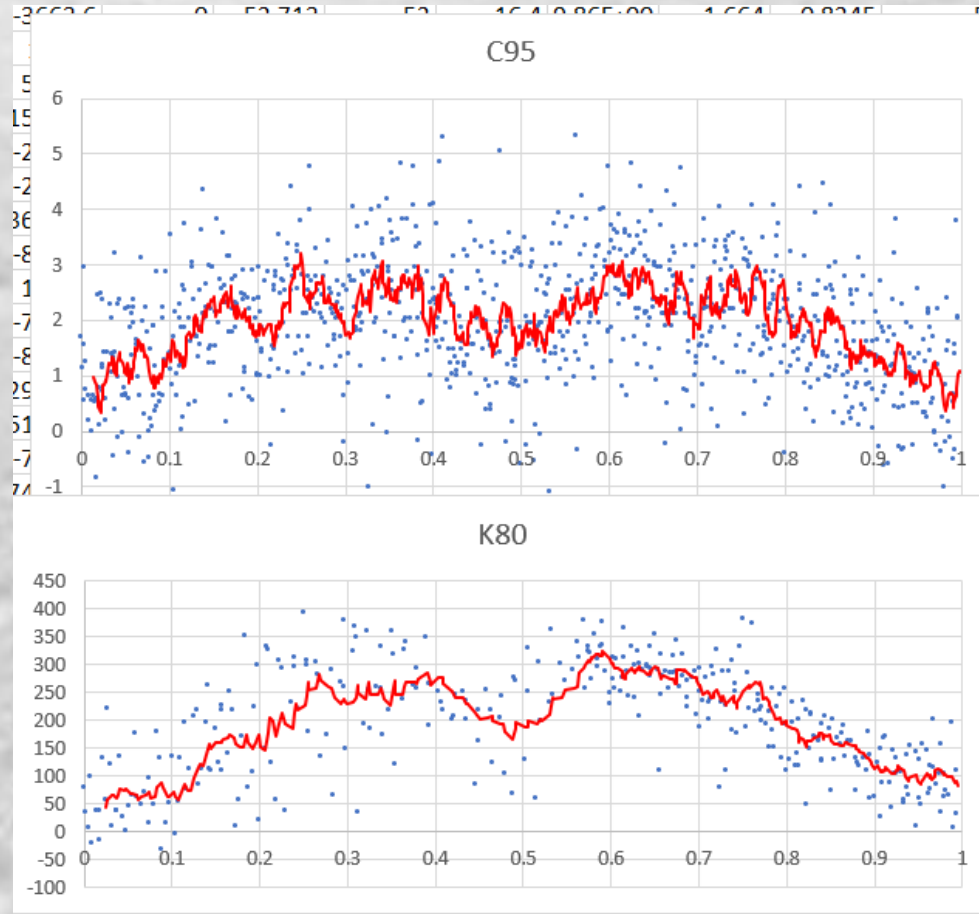
>21 mag w 900 sek. (90 x 10 sek.)

NexStar SCT 8" + kamera Watec 120N+

zakrycia gwiazd do 10 mag z precyzyjnym pomiarem czasu < 0.04 sek.

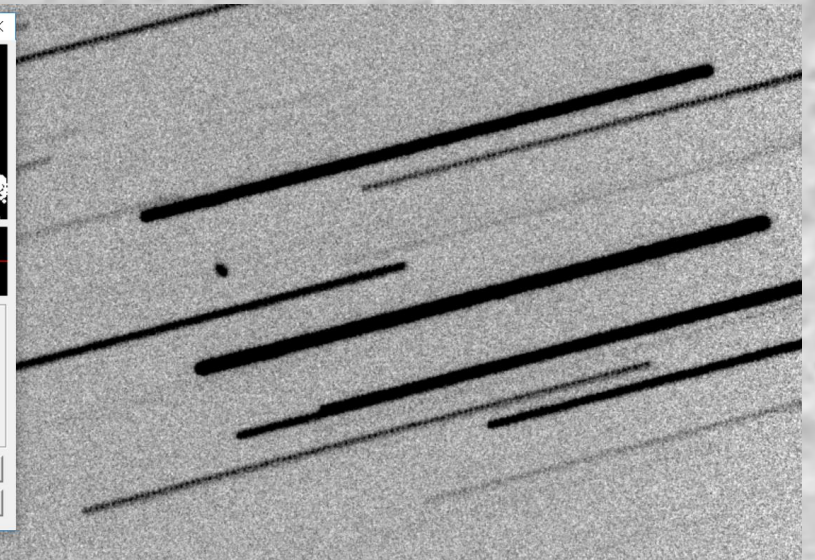
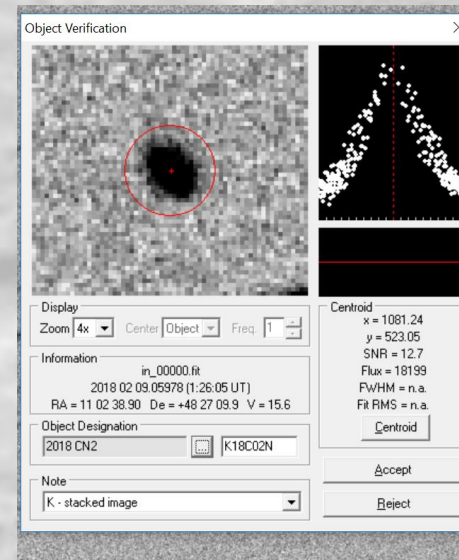


Lusowko Platanus Observatory K80

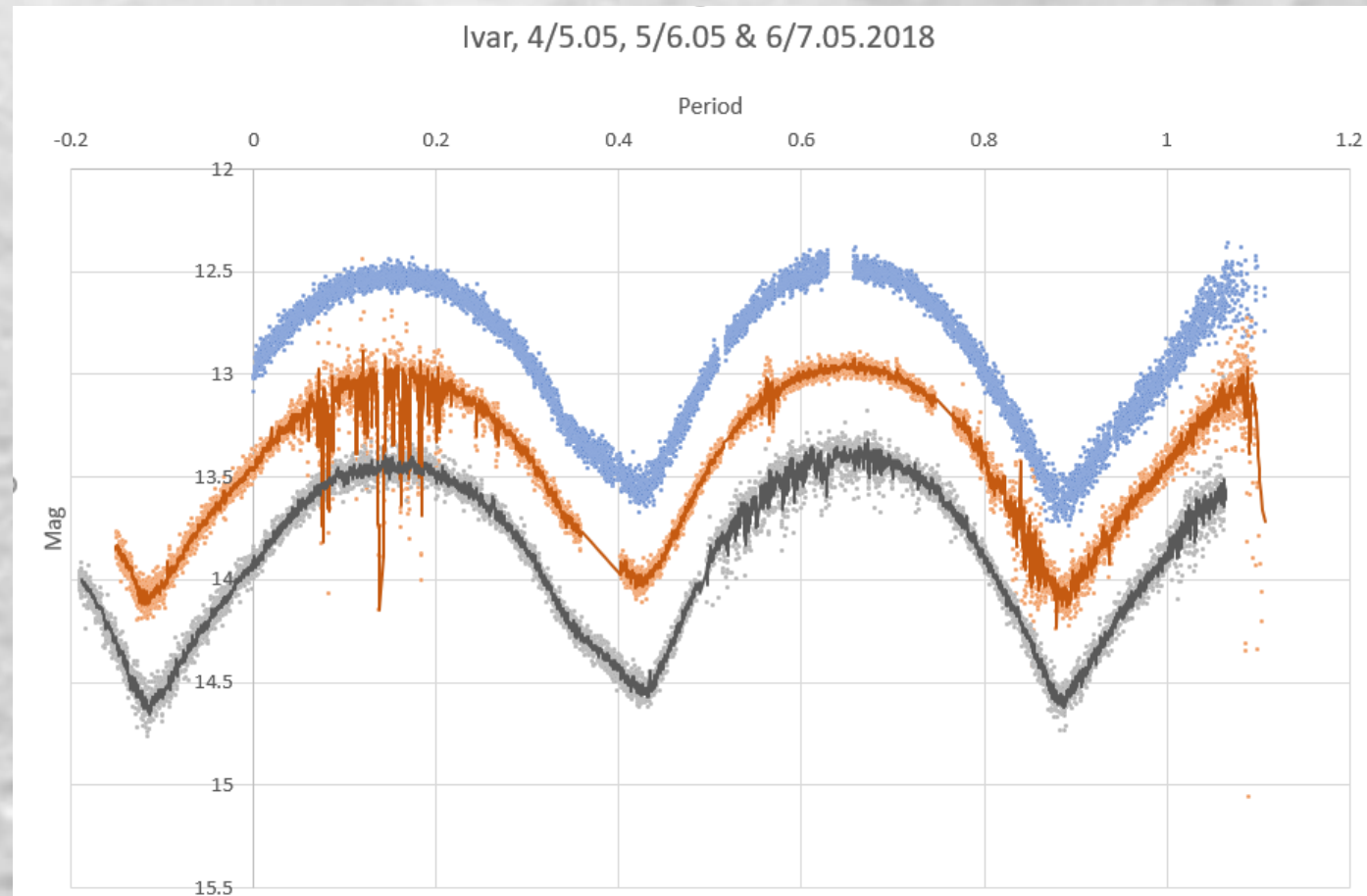


2018 CN2

Okres obrotu = 735 s +/- 5 s



Lusowko Platanus Observatory K80



(1627) Ivar

Ponad 27 tys. obserwacji w ciągu 3
nocy 4-7.05.2018

OBSERWACJE POZYCYJNE PLANETOID - PODSTAWY



Tomasz Kluwak

Łódź 26.05.2018



Minor Planet Center

Oficjalna ogólnościwiatowa organizacja powołana w celu zbierania danych obserwacyjnych małych ciał Układu Słonecznego (planetoid i komet), obliczania ich orbit i publikowania tych informacji w swoim biuletynie.

Działa pod auspicjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej.

<https://www.minorplanetcenter.net/>

Od czego zacząć

- Dokładne współrzędne miejsca obserwacji – z dokładnością $< 1''$
- Wysokość nad poziomem morza $\leq 1\text{m}$
- Dane wg systemu WGS-84 (*World Geodetic System 84*)
- *Uwaga na mapy!*

GPS Coordinates ✕

 **Position fixed!**

Latitude:	34°17'1.22" S
Longitude:	116°5'57.13" E
Altitude:	236.5 m
Satellites Detected:	7

Save

Setup GPS OFF Cancel

Zestaw do obserwacji

- Jasność planetoid: od 5.8 mag do... sky is the limit! ;-)
- Obiekty punktowe
- Obiekty ruchome (mniej lub bardziej)



Zestaw do obserwacji

- Teleskop (reflektor lub refraktor)
- Montaż
- Kamera
- Komputer rejestrujący obraz z kamery
- Oprogramowanie – służba czasu
- Oprogramowanie do astrometrii
- Dostęp do efemeryd

Zestaw do obserwacji

- Teleskop (reflektor lub refraktor)
 - praktycznie dowolny
- Montaż
 - preferowane sterowanie z komputera, prowadzenie w RA i DEC, ale... (wszystko zależy od obiektu)
 - EQ czy Az/Alt – zależy od przewidywanych czasów naświetlania
- Kamera
 - odpowiednio dobrana do ogniskowej teleskopu, aby:
 - rozmiar piksela 1-2 arcsec
 - pole widzenia wystarczająco duże, by zawrzeć kilkanaście gwiazd odniesienia
 - zachować jak najbardziej płaski obraz (unikać winietowania)
 - raczej monochromatyczna, raczej bez filtra
 - ważne cechy: czułość i szybkość, niskie szумы
 - mniej ważne: głębia bitów, liniowość

Kilka przydatnych wzorów

- Skala:

$$spp = 7200 * \arctan\left(\frac{d}{2000 * f}\right)$$

f – ogniskowa w mm, d – rozmiar piksela w μm , wynik w sekundach kątowych/piksel

- Długość śladu planetoidy (prowadzenie syderyczne):

$$slad = \frac{speed}{spp} * t$$

speed – prędkość planetoidy w sek.kątowych/min, t – czas naświetlania w minutach, wynik w pikselach

- Pole widzenia

$$X = spp * xsize, Y = spp * ysize$$

xsize, ysize – rozmiar matrycy w pikselach, wyniki w sekundach łuku

Zalety szybkich kamer CMOS

- Wysoka czułość
- Wsparcie dla USB3
- Niskie szumy odczytu
- Liniowość odczytu
- Charakterystyka odpowiedzi zbliżona do zakresu jasności gwiazd z katalogu Gaia DR2

To wszystko pomaga w eliminacji błędów ustawienia/prowadzenia oraz w pozyskiwaniu dużej liczby ramek – przydaje się w bardziej zaawansowanej astrometrii.

Komputer i oprogramowanie

Przykładowy komputer do rejestracji obrazu z kamery:

- Wyposażony w port USB3
- Wyposażony w dysk SSD o wystarczającej pojemności
- Pracujący pod kontrolą Windows 10
- Połączony z internetem
- Zainstalowane oprogramowanie do rejestracji ramek (np. FireCapture)
- Zainstalowane oprogramowanie służby czasu (np. Dimension 4)

Służba czasu

- MPC oczekuje dokładności $0.00001 \text{ d} \approx 0.9 \text{ sek.}$
- Dla szybkich NEO to może być niewystarczające
- Dwa podejścia:
 - Tradycyjne – ustawiamy czas komputera przed pierwszą obserwacją
 - Proponowane – ustawiamy czas komputera przed pierwszą obserwacją i co określony czas notujemy poprawkę
- Polecana aplikacja: Dimension 4
(<http://www.thinkman.com/dimension4/>)
- Polecany serwer czasu: vega.cbk.poznan.pl

Krok 1 – wybierz cel obserwacji

- Określ zasięg jasności swojego teleskopu i kamery
- Weź pod uwagę, że szybko poruszające się obiekty zostawiają mniej fotonów nad każdym pikselem!
- Wybierz obiekty. Źródła efemeryd:
 - Programy typu planetarium (SkyChart itp.) – niska dokładność
 - <https://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>
 - https://www.minorplanetcenter.net/iau/NEO/toconfirm_tabular.html
 - <https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi>
 - <https://astro.agzeta.pl>
 - „Urania”

Krok 1 – wybierz cel obserwacji

Do treningu wybieramy obiekty:

- jasne i niezbyt szybkie,
- o dobrze znanych orbitach,
- o różnej jasności.

Rekomendowany wybór to planetoidy o numerach 400 – 40000.

Krok 2 – wykonaj obserwację

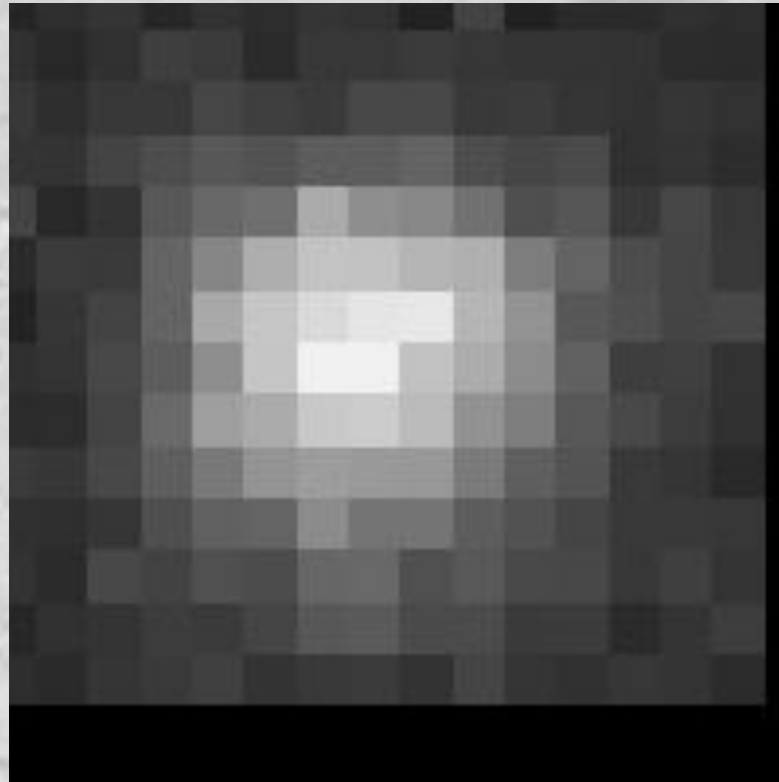
- MPC zaleca 2 – 3 obserwacje każdego obiektu w ciągu nocy w odstępach około 1 godziny.
- Obserwacje powinny zostać powtórzone kolejnej nocy.
- Gain kamery: nie niższy niż tzw. *unity gain*, ale też niedużo wyższy.
- Czas dobrany tak, by obiekt nie zostawił śladu większego niż seeing.
- Pamiętaj o służbie czasu!
- Moje podejście: nawet do 60 obserwacji kilkusekundowych pod rząd. Maksymalny czas naświetlenia ramki 10 sek.

Krok 3 – redukcja

- Klatki kalibracyjne – niekonieczne, ale polepszają astrometrię słabych obiektów, bardzo przydatne do fotometrii.
- Format plików – preferowany FITS
- Redukcja, czyli:
 - jak wyznaczyć środek (x,y) obiektu na zdjęciu
 - jak zamienić współrzędne (x,y) na (α,δ) J2000
- MPC oczekuje wyznaczenia położenia z dokładnością poniżej 1". Wyniki podawane są z precyzją RA 0.01s a DEC 0.1".

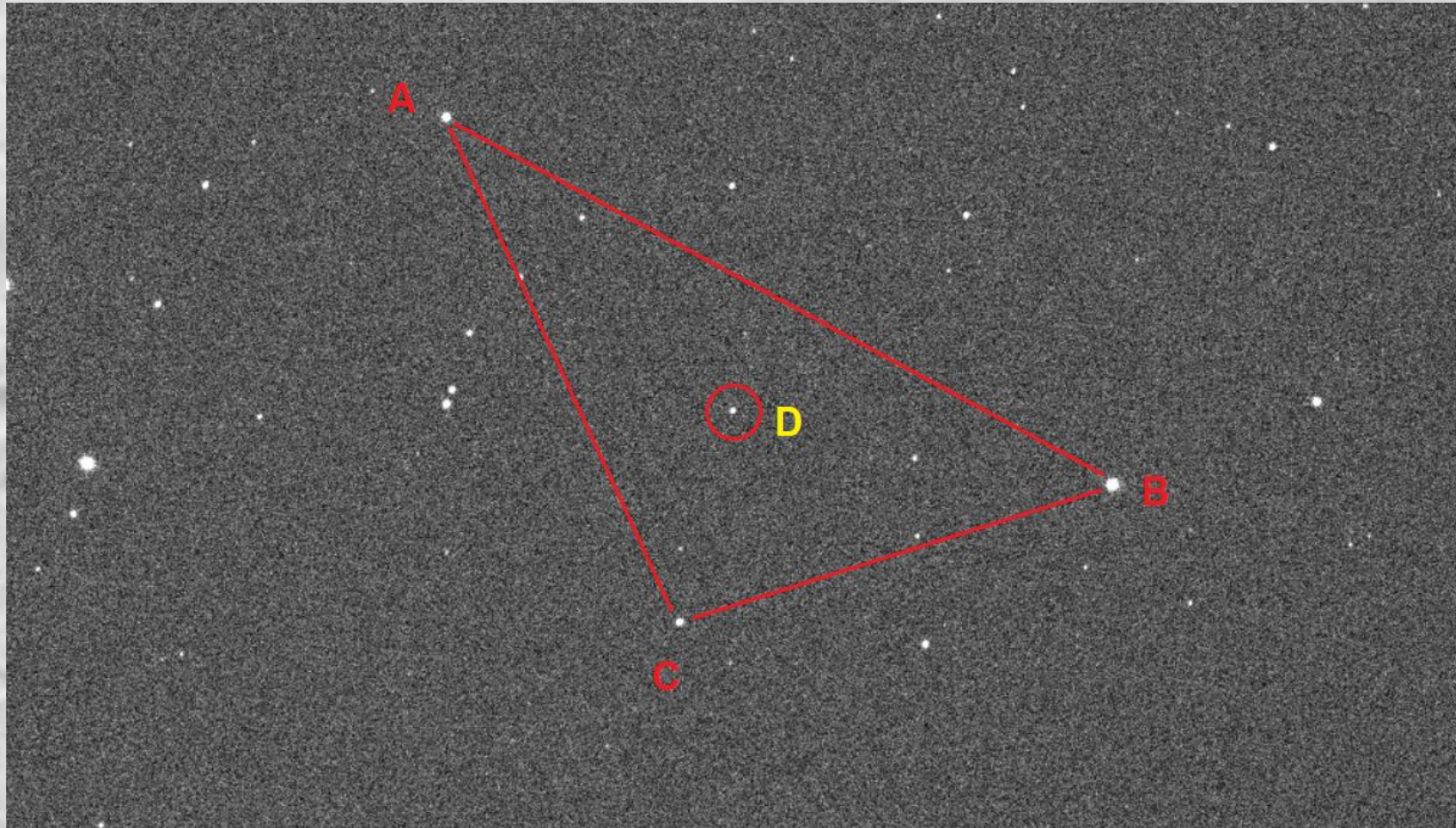
Krok 3 – redukcja

Problem 1: Gdzie ten obiekt ma środek?



Krok 3 – redukcja

Problem 2: Jakie współrzędne ma obiekt D?



Krok 3 – redukcja

- Astrometrica – złoty standard w astrometrii

<http://www.astrometrica.at/>

- Ważne ustawienia:

Star Catalog: Gaia DR2

Color Band: Gaia Broadband

Reszta wg „Online Help”

[pokaz online]

Krok 4 – raportowanie

Kod obserwatorium – udowodnij, że potrafisz.

- Wyślij do MPC obserwacje kilku jasnych obiektów zgodnie ze wskazówkami wcześniej, używając kodu XXX.
- Do nagłówka dodaj linie:

COM Long. 17 XX XX.X E, Lat. 53 XX XX.X N, Alt. 150m, Google Earth
(współrzędne geograficzne ukryte na prośbę autora prezentacji)

COM Obs. name: Lusowko Platanus Observatory

- Wyślij w plain text na adres: obs@cfa.harvard.edu
- Czekaj cierpliwie na rejestrację.
- W kolejnych raportach używaj już swojego kodu.

A gdy już umiesz...

- Obserwacje follow-up obiektów z NEO Confirmation Page
https://www.minorplanetcenter.net/iau/NEO/toconfirm_tabular.html
- Obserwacje obiektów słabych i/lub szybko poruszających się metodą Track&Stack
- Obserwacje obiektów szybkich z podążaniem za obiektem
- Astrometria ekstremalnie bliskich NEO (< 0.1 LD)
- Własne przeglądy nieba i poszukiwanie planetoid
- A może fotometria? -> program Gaia-GOSA