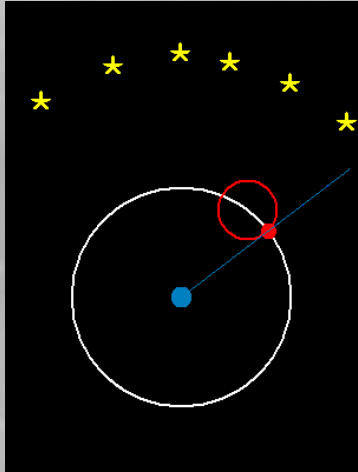


Kazimierz Kordylewski i jego księżyc



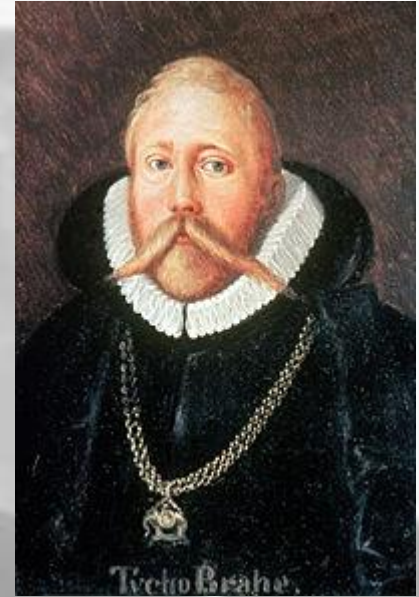
Tomasz Mrozek
Instytut Astronomiczny UW
Zakład Fizyki Słońca CBK PAN

Narodziny współczesnej mechaniki nieba

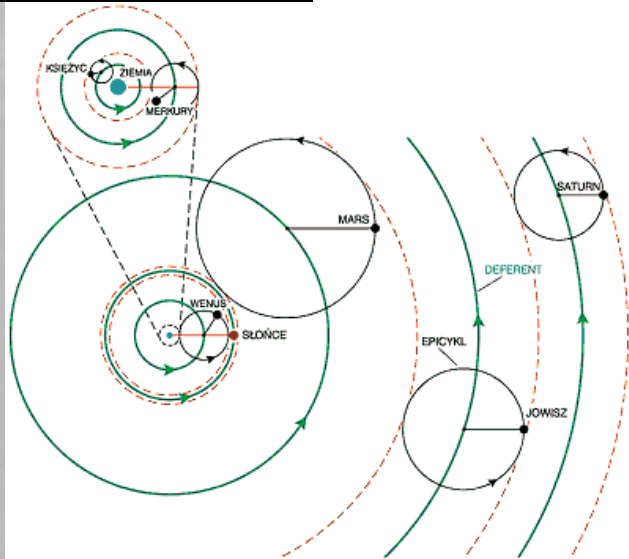


Tycho Brahe prowadził niezwykle dokładne obserwacje wizualne.

Ich dokładność pozwoliła Keplerowi na sformułowanie trzech praw ruchu planet.



Tycho Brahe



Układ Ptolemeusza



Jan Kepler

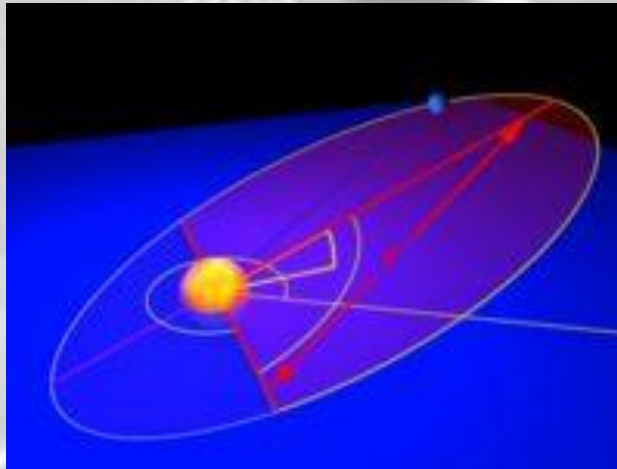
Kepler i jego prawa ruchu planet



Jan Kepler

I prawo:

Ruch planety wokół Słońca odbywa się po elipsie.
Słońce znajduje się w jednym z dwóch ognisk elipsy



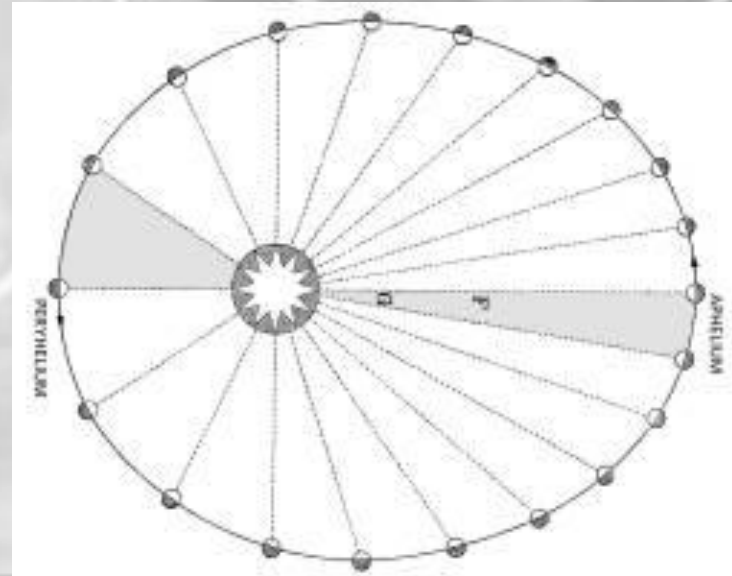
Kepler i jego prawa ruchu planet



Jan Kepler

II prawo:

W równych jednostkach czasu, promień wodzący planety poprowadzony od Słońca zakreśla równe pola.



Kepler i jego prawa ruchu planet



Jan Kepler

III prawo:

Drugie potęgi okresów obiegu planet dookoła Słońca są wprost proporcjonalne do trzecich potęg ich średnich odległości od Słońca.

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$



Prawo powszechnego ciężenia



Isaac Newton

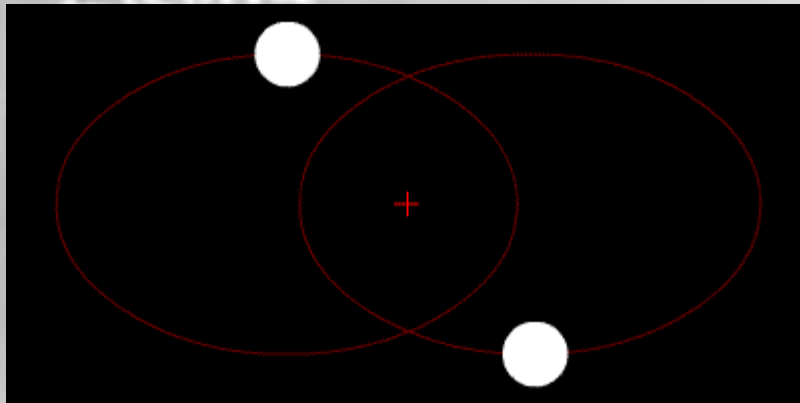
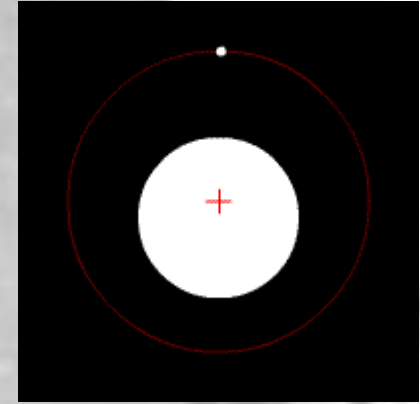
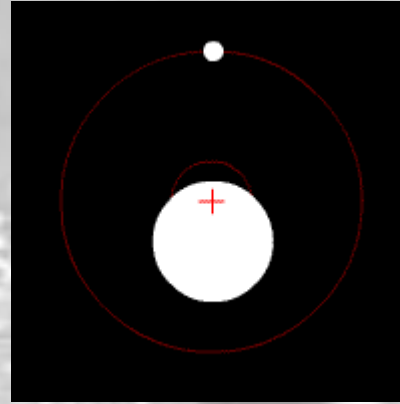
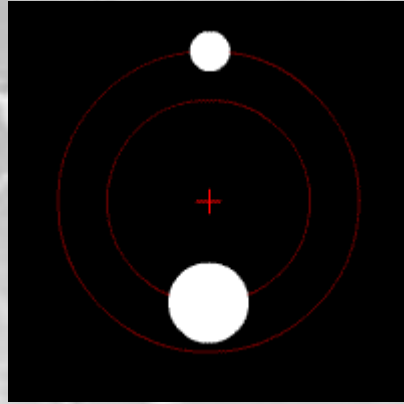
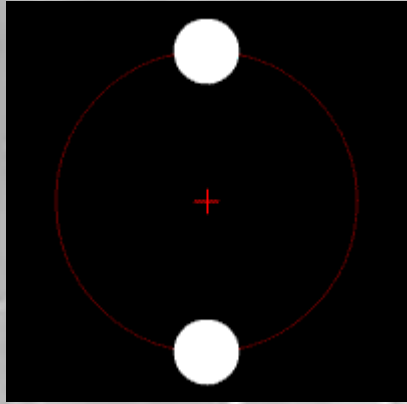
**5 czerwca roku 1686 ukazuje się
*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica***

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Prawa Keplera zostają uzasadnione fizycznie.

Od tego momentu następuje gwałtowny rozwój metod analitycznych służących również badaniu ruchu planet i innych obiektów w Układzie Słonecznym

Zagadnienie 2 ciał



Prawa dynamiki podane przez Newtona pozwoliły rozwiązać analitycznie zagadnienie dwóch ciał.

Przy trzech ciałach pojawiły się problemy...

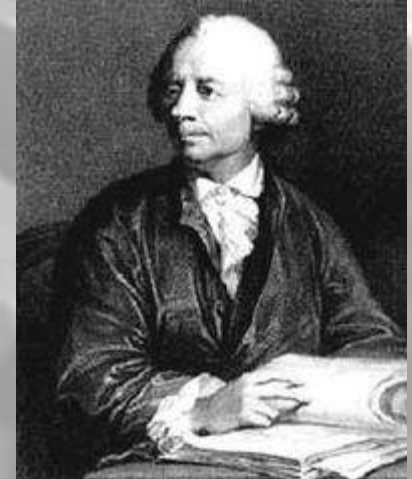
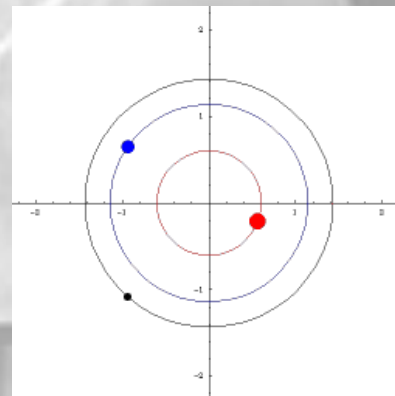
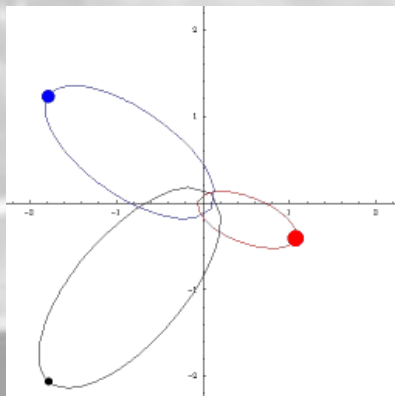
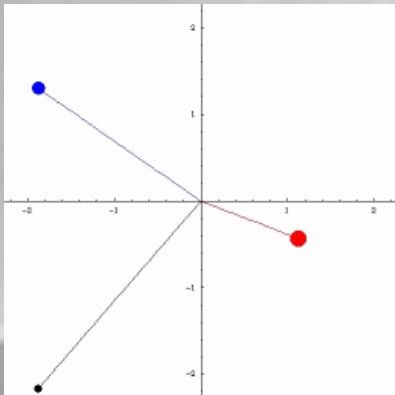
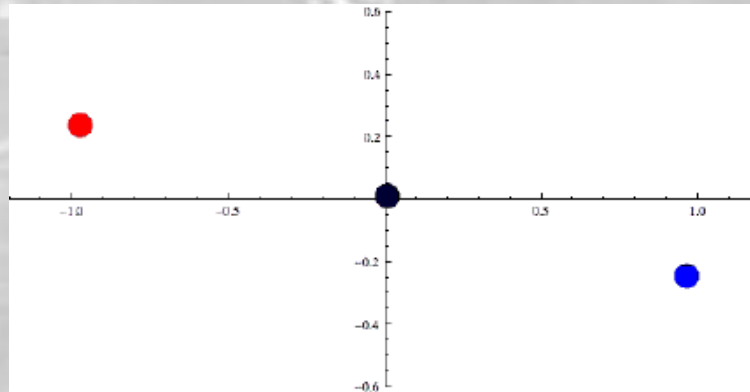
Zagadnienie 3 ciał



Joseph Louis Lagrange

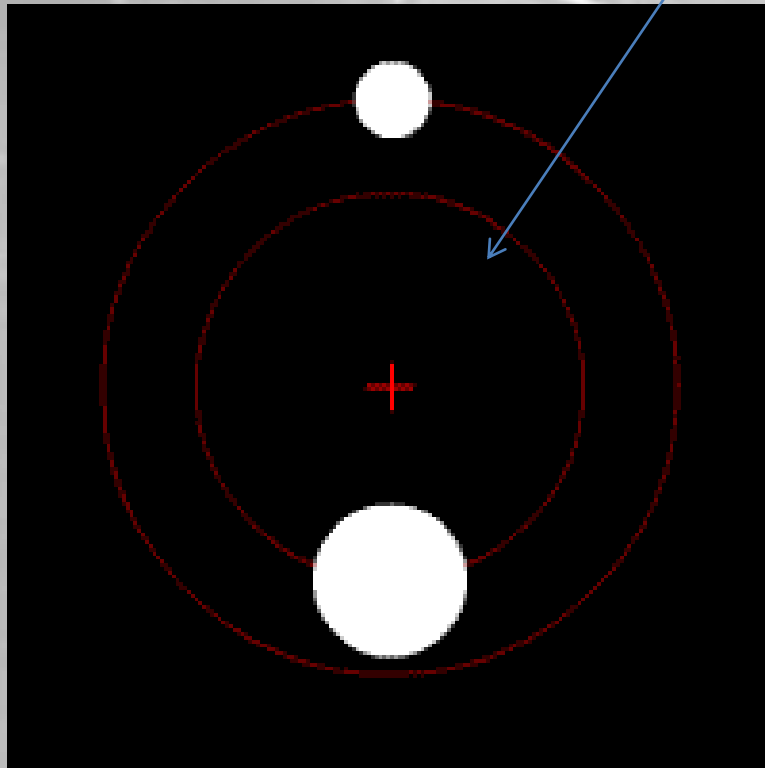
Okazało się, że już w przypadku trzech ciał układ równań ruchu nie daje się rozwiązać.

Jak dotąd znaleziono kilka przypadków szczególnych



Leonard Euler

Ograniczone zagadnienie 3 ciał



W polu grawitacyjnym dwóch mas porusza się cząstka o zanedbywalnie małej masie

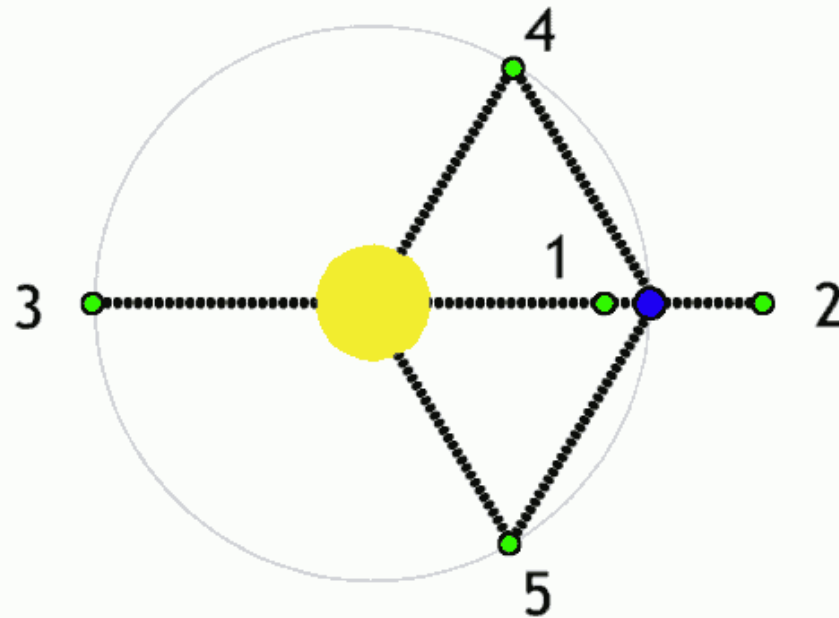
Zakładamy, że obie masy poruszają się po orbitach kołowych wokół barycentrum

Masa cząstki jest tak mała, że nie wywiera żadnej siły na obie masy

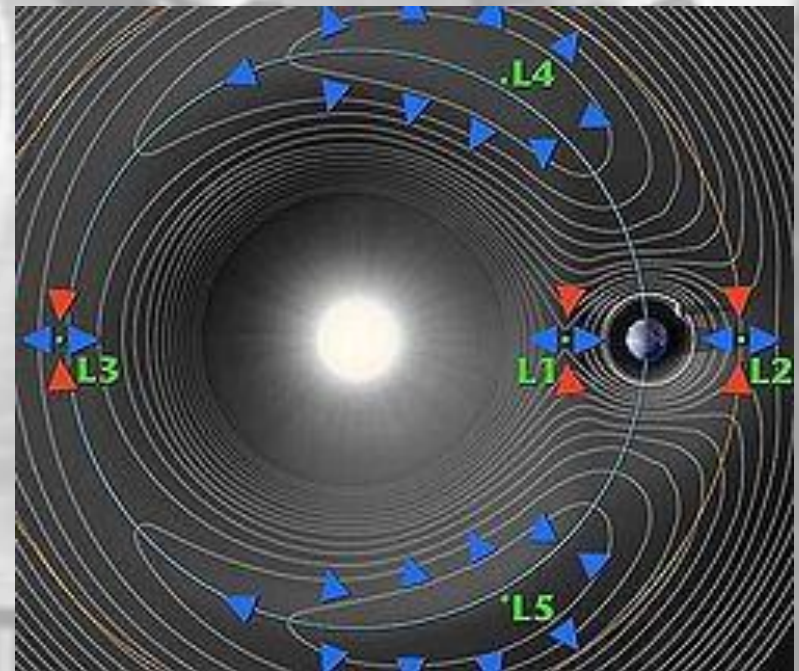


Carl Gustav Jacob Jacobi

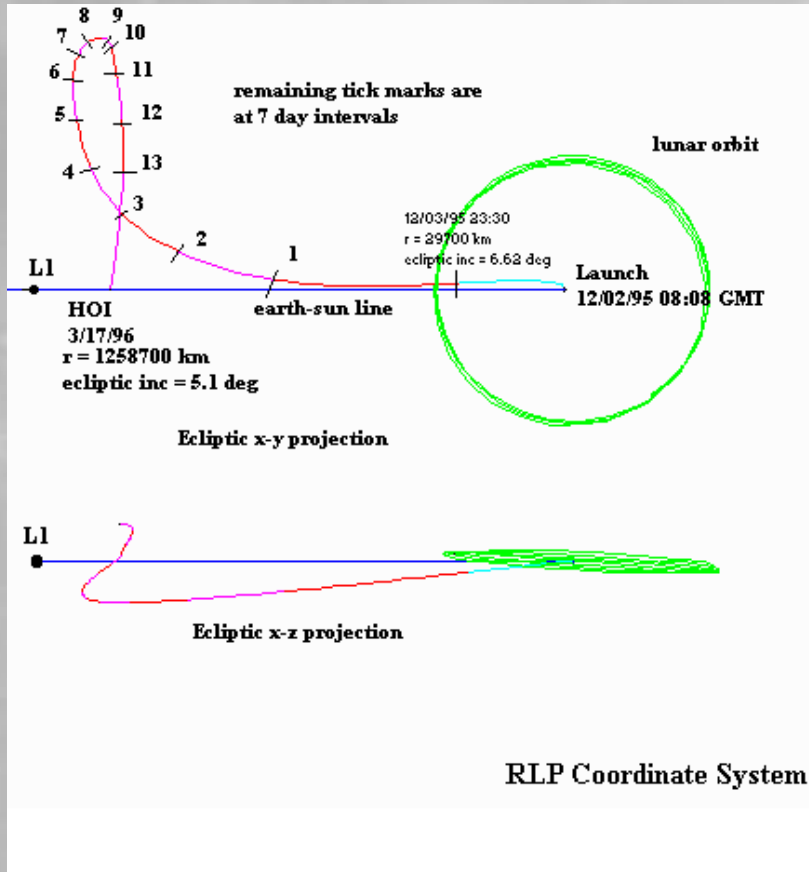
Ograniczone zagadnienie 3 ciał



W takim układzie istnieje pięć punktów równowagi, w których siły pochodzące od obu mas są równoważone przez siły związane z obrotem układu

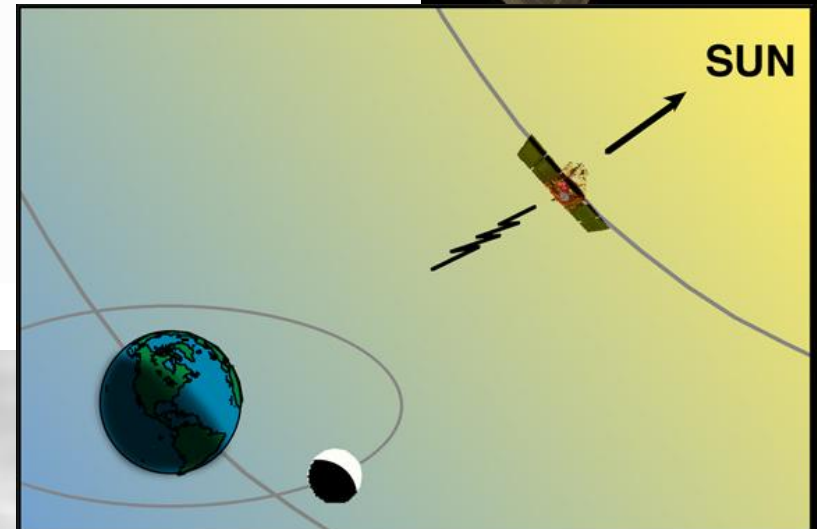


Ruch wokół punktów równowagi (L1 i L2)



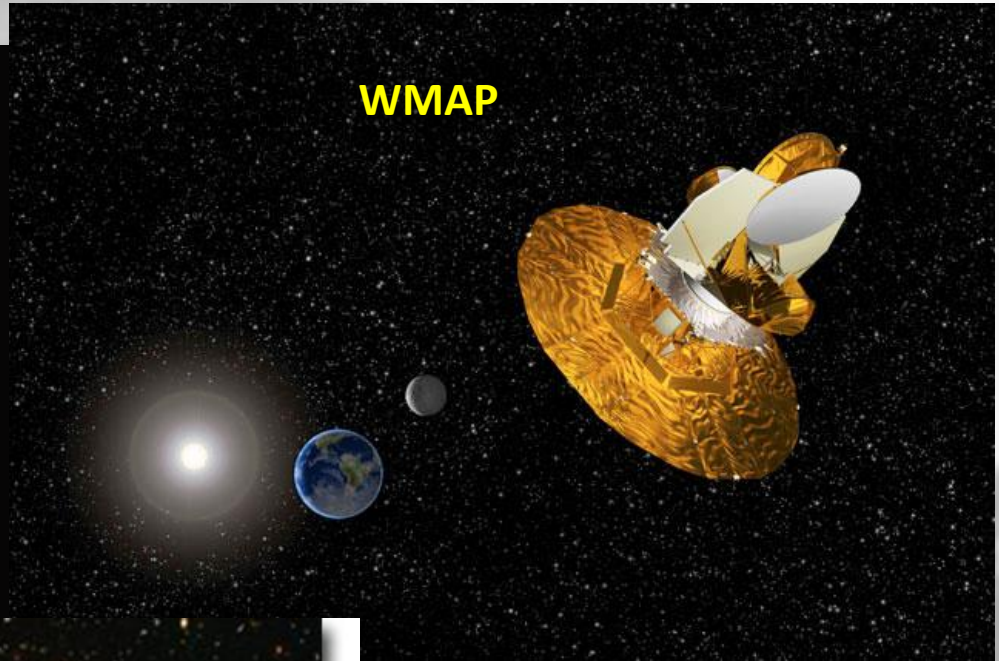
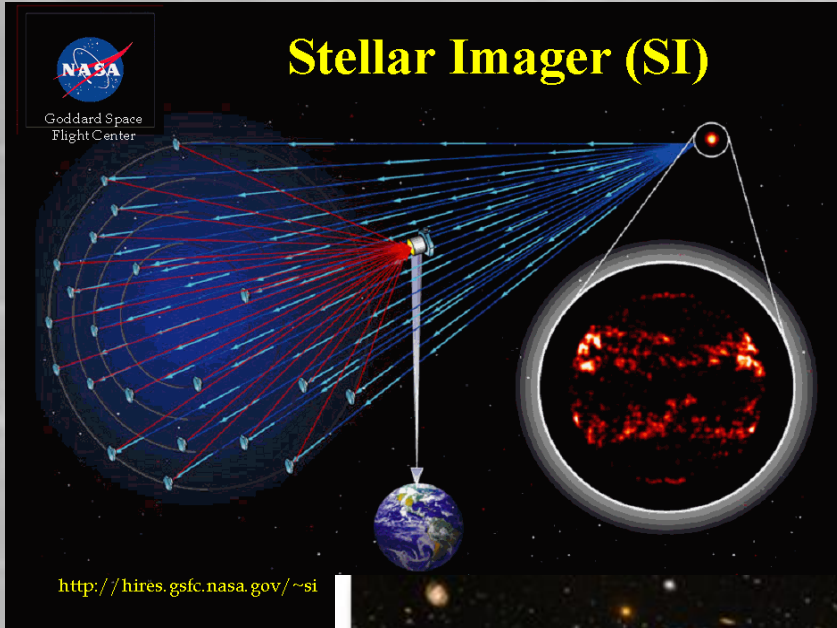
Range and Ecliptic Inclinations for the Tick Marks are as Follows:

1 r = 808840 km	i = 7.82 deg
2 r = 1084160 km	i = 10.65 deg
3 r = 1256200 km	i = 12.58 deg
4 r = 1364500 km	i = 16.88 deg
5 r = 1439800 km	i = 17.39 deg
6 r = 1490000 km	i = 14.30 deg
7 r = 1507850 km	i = 12.00 deg
8 r = 1495640 km	i = 11.22 deg
8 r = 1468720 km	i = 10.00 deg
9 r = 1431740 km	i = 8.23 deg
10 r = 1380360 km	i = 6.84 deg
11 r = 1319600 km	i = 6.16 deg
12 r = 1270520 km	i = 5.57 deg
13 r = 1258700 km	i = 5.10 deg



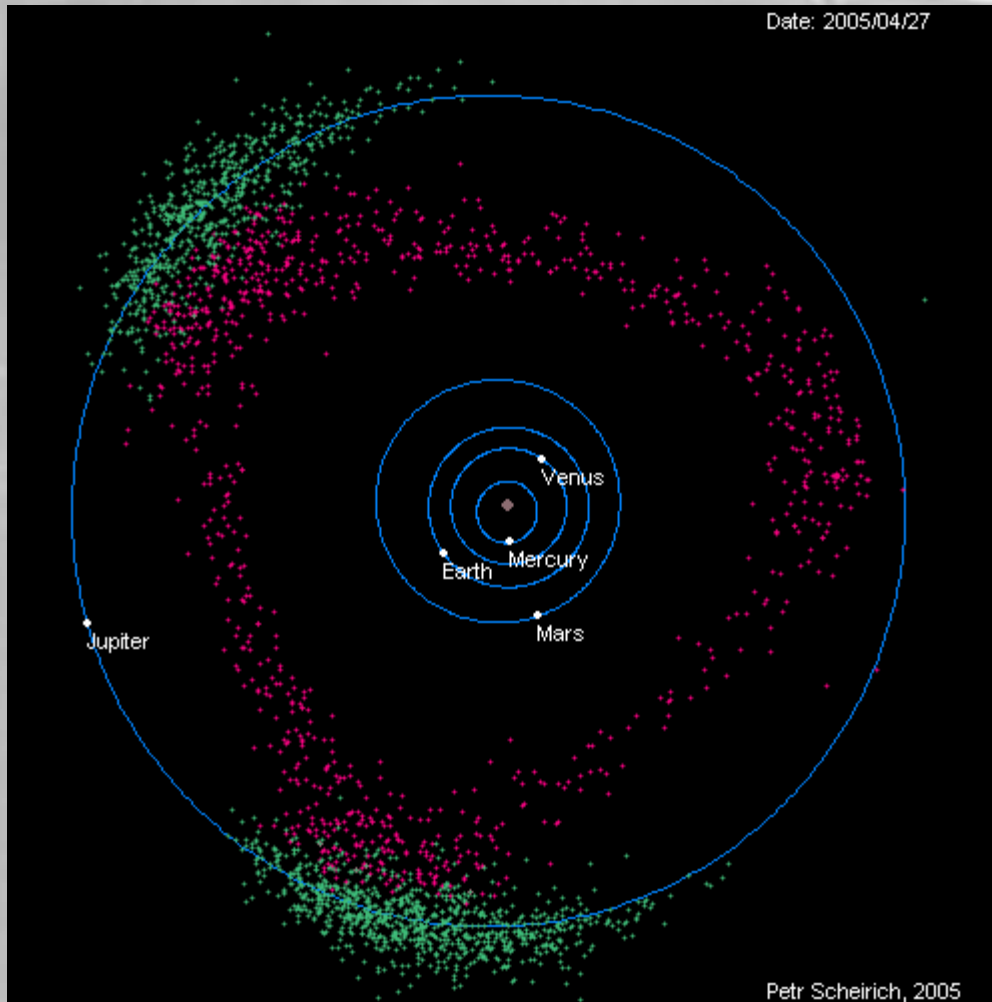
<http://sohowww.nascom.nasa.gov>

Ruch wokół punktów równowagi (L1 i L2)



**James Webb
Space Telescope (JWST)**

Ruch wokół punktów równowagi (L4 i L5)



W 1906 Max Wolf odkrywa planetoidę 588 Achilles

L4 – Grecy

L5 – Trojańczycy

Obecnie znamy ich 4573

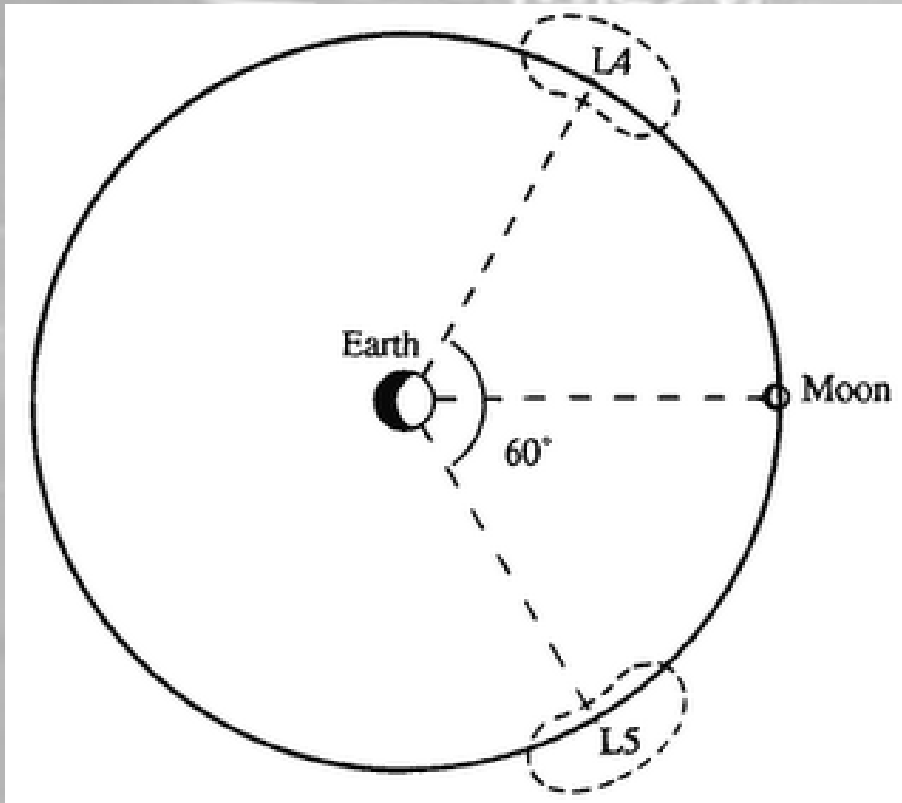
Podobne obiekty znaleziono w układzie Słońce i:

Mars – 4

Saturn – 4

Neptun – 7

Punkty L4 i L5 układu Ziemia – Księżyc



Odkrycie planetoidy 588 Achilles potwierdziło przewidywania teoretyków

Jednocześnie teoria nie zabraniała istnienia obiektów w punktach L4 i L5 układu Ziemia – Księżyc

Poszukiwanie takich ciał zapoczątkowane zostało w 1951 r. przez Kazimierza Kordylewskiego

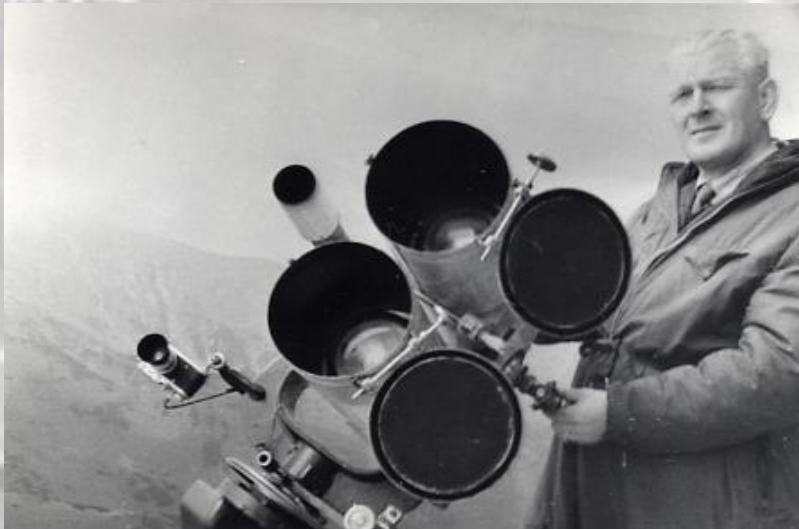
Początek poszukiwań



Tadeusz Banachiewicz

W 1951 r. prof. Banachiewicz zleca opracowanie programu obserwacyjnego, w którym można wykorzystać nieużywany podwójny astrograf.

Program ma opracować dr Kazimierz Kordylewski, który po kilku dniach wskazuje na obserwacje punktów L4 i L5 w układzie Ziemia-Księżyc



Kazimierz Kordylewski

Początek poszukiwań

Na początku dr Kordylewski poszukuje pojedynczego obiektu. Zakładał, że może on mieć rozmiar kilkunastu metrów. Taki obiekt powinien mieć jasność 12 mag.



W 1952 r. prof. Józef Witkowski sugeruje aby szukać obiektów pyłowych, a nie jednego zwartego księżyca.

Powoduje to zmianę metody poszukiwań. Zamiast astrografu dr Kordylewski zaczyna wykorzystywać zwykły aparat małoobrazkowy wyposażony w jasny obiektyw.

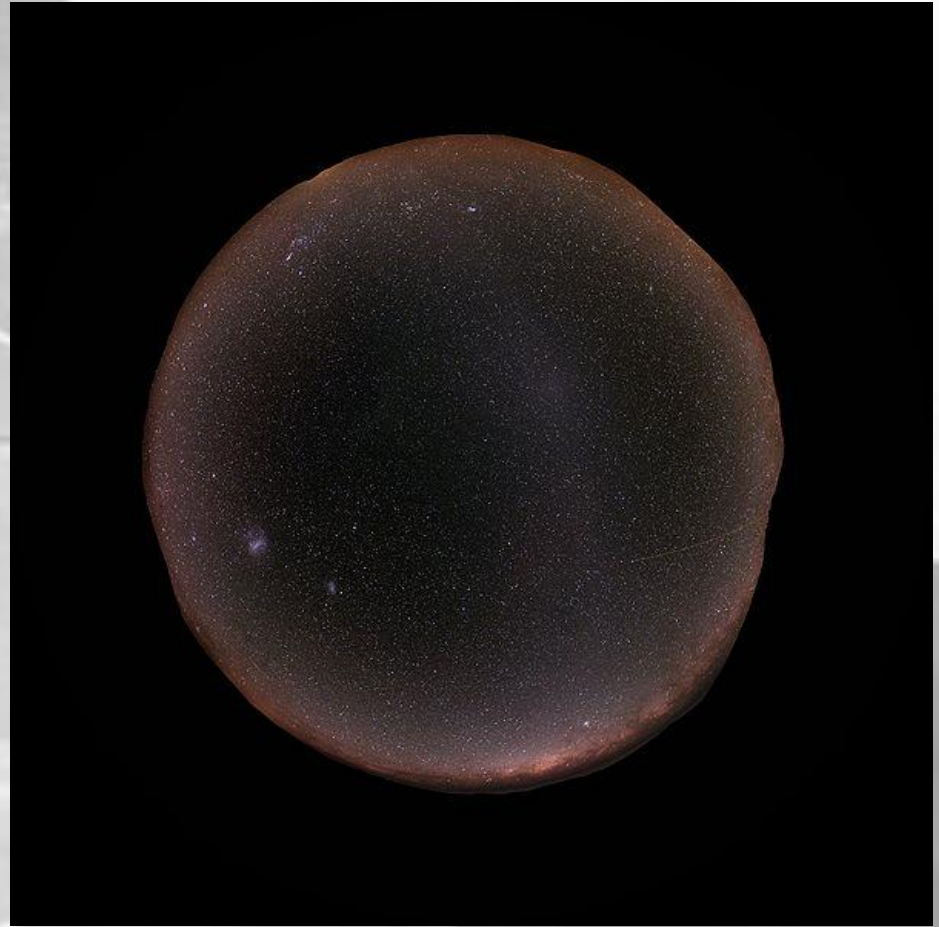
Wykonywane są ekspozycje kilkuminutowe. Zawsze używane są dwa aparaty (w celu kontroli błędów).

Te obserwacje nie przynoszą spodziewanego efektu...

W czym problem?



światło zodiakalne



przeciświecenie (gegenschein)

Obłoki pyłowe świecą niezwykle słabo. Ich zaobserwowanie wymaga ekstremalnie dobrej pogody.

Poszukiwanie na nowo

Problem z fotografowaniem polega na tym, że konieczna jest znajomość przybliżonego położenia obłoków (ze względu na np. winietowanie)

dr Kordylewski rezygnuje z aparatu i zaczyna poszukiwania wizualne – metoda krzyżykowa



Odkrycie



Obserwacje prowadzone były na szczycie łożnicy (2634 m n.p.m.)

Pierwsza obserwacja – październik 1956 r.

Dwa dni później dr Kordylewski obserwuje obłok jeszcze raz i stwierdza przesunięcie, względem pierwszej obserwacji, zgodne z ruchem Księżyca

W ciągu następnych dwóch lat dokonał jeszcze jednej obserwacji

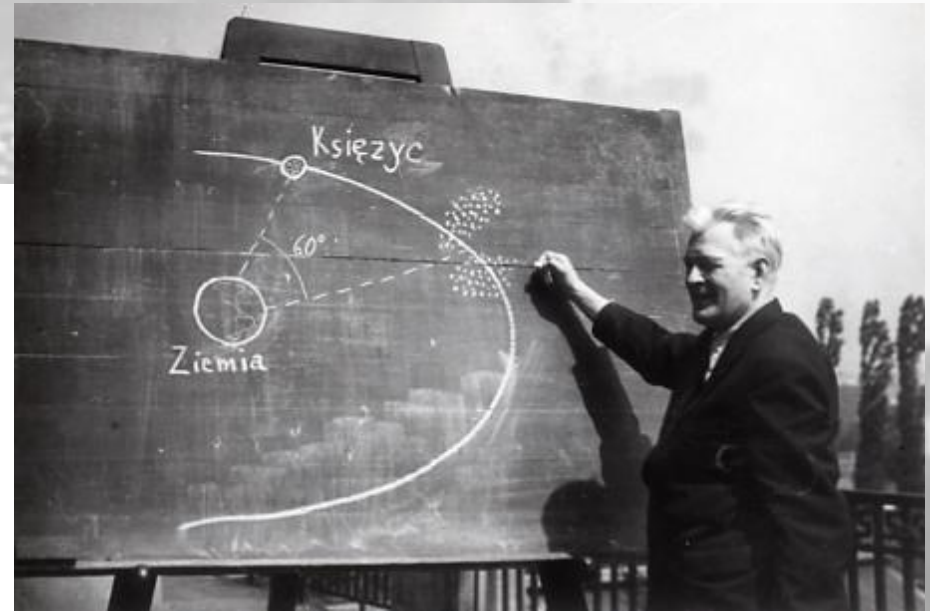
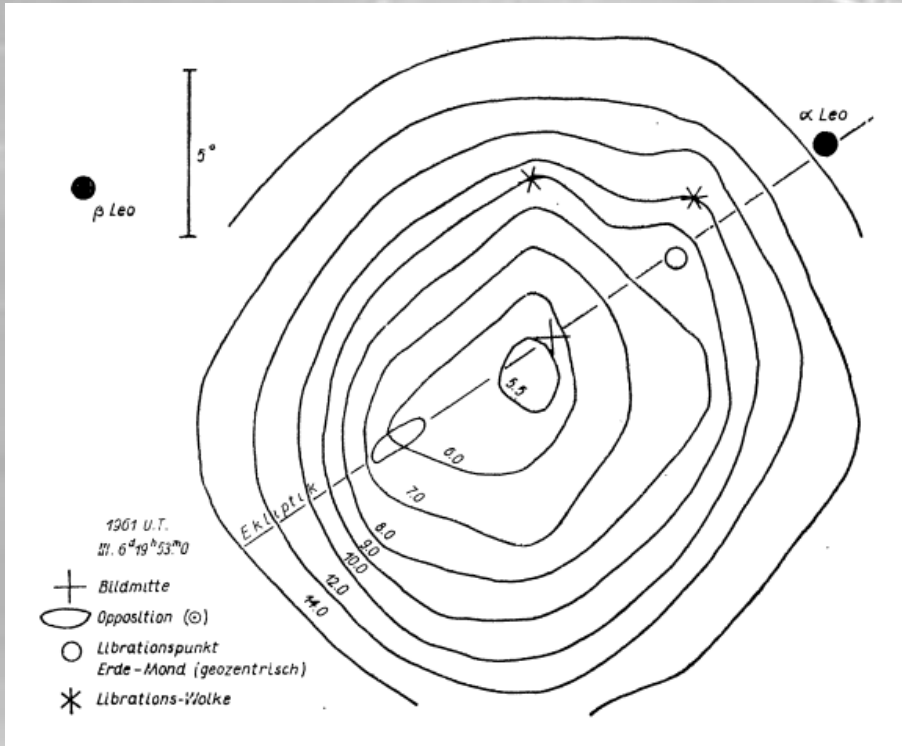
Kolejne lata wypełniły próby prowadzone ze szczytu Kasprowego Wierchu

Dopiero w 1961 r. (marzec i kwiecień) udaje się obserwacja wizualna oraz, co najważniejsze, wykonane zostały fotografie – były nareszcie podstawy do opublikowania odkrycia



Acta Astronomica Vol. 11 (1961) No 3

Photographische Untersuchungen des Librationspunktes L5 im System Erde-Mond



Wielu obserwatorów stara się powtórzyć obserwacje ale bez skutku.

Dla Kordylewskiego nie jest to zaskoczeniem, bo to po prostu jest trudne zadanie, które zabrało mu 10 lat intensywnej pracy...

Potwierdzenie odkrycia

Reference	Date	Technique	Magnitude (arcsec ⁻²)	Cloud size	Number density enhancement	Col. density (cm ⁻³)
Grün et al. 1985			-	5°	-	~10 ³
Kordylewski 1961	March - April 1961	Photographic (35mm film, 50mm focal length, f/1.5, 12 min. exp.)	22	5°	1.2 x 10 ⁵	2.0 x 10 ²
Simpson 1967	January 1964 February 1966 March 1966	Visual Photographic (4-8 min exp.) Visual (airborne)	20.5	4°	6.0 x 10 ⁵	6.8 x 10 ²
Vanysek 1969	March 1966	Visual (airborne)	22.6	4°	8.9 x 10 ⁴	1.0 x 10 ²
Roosen 1968	March 1966 March 1967	Photographic (35mm film, 50mm focal length, f/1.4, 1-9 min. exp.)	fainter than 26	<2°	<8.0 x 10 ³	<5.4
Wolff et al. 1967	March 1967	Photographic (airborne, 35mm film, 50mm focal length, f/1.4, 20-40 min. exp.)	fainter than 25.4	<2°	<1.4 x 10 ⁴	<9.2
Roach 1975	Autumn 1969 to Winter 1970	Photometric: Rutgers Zodiacal Light Analyser on OSO-6	24.5	6°	1.0 x 10 ⁴	21
Schlosser et al. 1975	March to April 1971	Photographic: using wide angle (140°) photographs.	fainter than 26.6	<7°	<1.3 x 10 ³	<3.1
Mumro et al. 1975	July to December 1973	Photometric (white light coronagraph on Skylab)	fainter than 16.7	<5°	<1.2 x 10 ³	<1.0
Winlarski 1989	February 1976	Photographic: various techniques	23.8		2.2x10 ⁴	30

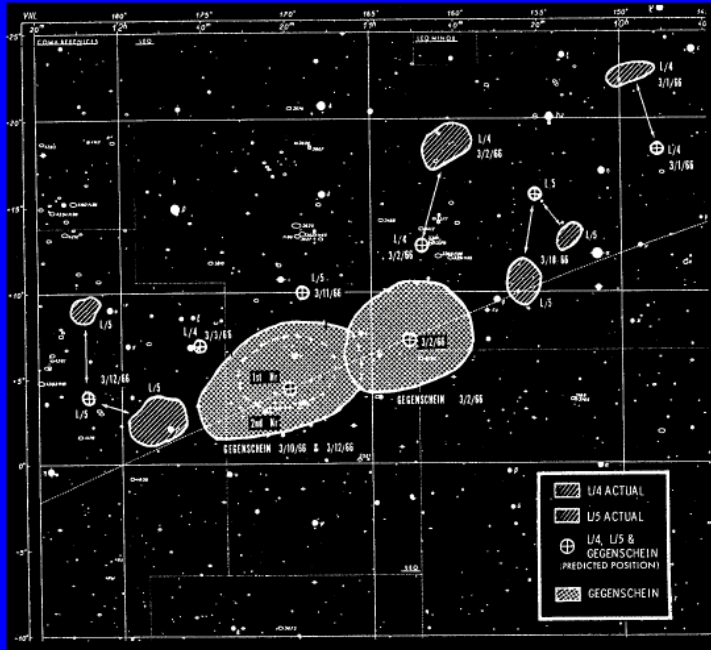
Moeed i Zanecki 1997

Potwierdzenie odkrycia

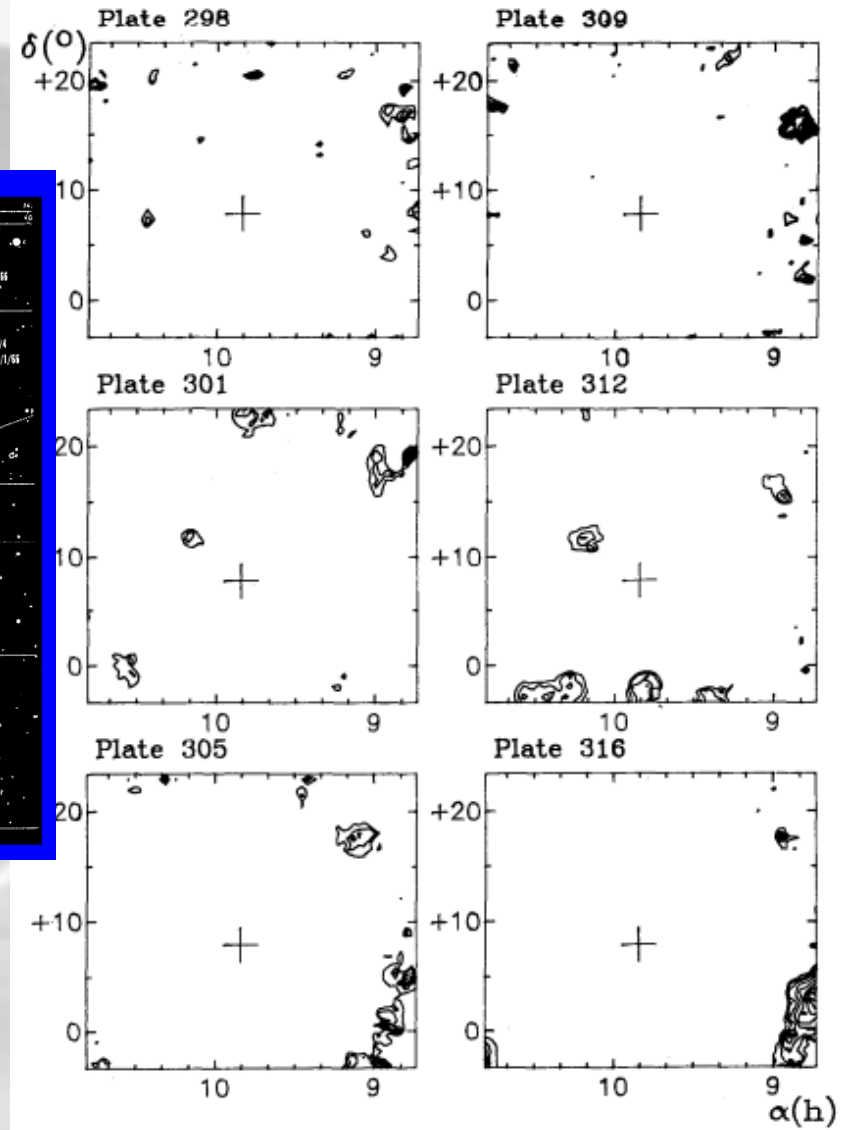
LIBRATION CLOUDS and gegenschein as observed from an altitude of 12 000 meters in March 1966. The background is a standard star map. Predicted locations are indicated by a cross in a circle of the object and the date it was expected there. Shapes and positions of the observed libration clouds are shown by diagonal shading; the gegenschein is indicated by cross hatching.



J. Wesley Simpson is founder and director of the Locksley Observatory of Lockheed Missiles & Space Co.



Simpson 1966



Winiarski 1989 r.

Wyprawy do Afryki

Pierwsza ekspedycja (do Afryki Wschodniej) miała miejsce w 1966 r.

- Statek handlowy „Oleśnica”
- 3 miesiące
- większość kosztów uczestnicy pokrywali ze środków prywatnych
- zgłosiło się 25 osób (statek mógł zabrać 12)
- obserwacje wizualne metodą krzyżkową
- wykonano wiele obserwacji obłoków pyłowych oraz pierścienia pyłowego, który pokrywał się z orbitą Księżyca

W sumie odbyły się 4 wyprawy



Przepis na własną obserwację

Ważne:

- **Pozycja Słońca – musi być odpowiednio nisko pod horyzontem (zimowe miesiące)**
- **Pozycja Księżycy – również musi być odpowiednio nisko pod horyzontem**
- **Deklinacja Księżycy – na półkuli północnej maksymalne wartości deklinacji dają położenia obłoków wysoko na niebie (miesiące zimowe)**
- **Absorpcja atmosferyczna – Księżycy muszą być maksymalnie wysoko na niebie**
- **Droga Mleczna – jako jasny obiekt powinna być jak najniżej na horyzontem**
- **przeciwswiecenie – jak najdalej od miejsca, w którym spodziewane są księżycy**
- **położenie jasnych obiektów nieba takich jak Jowisz itd.**
- **faza – obłoki będą najlepiej widoczne w opozycji**
- **obłoki srebrzyste – jako jasne i bardzo wysokie struktury mogą uniemożliwić obserwację**

Przepis na własną obserwację

Należy znaleźć odpowiednio ciemne
miejsce – w Europie jest ich już
niewiele

Aparat oferujący dobrej jakości obraz
przy bardzo wysokich czułościach
(ISO >1000)

Jasny obiektyw (jaśniejszy niż 2.0)
o ogniskowej około 50 mm

Montaż z prowadzeniem

Dużo czasu i cierpliwości...

Powodzenia!

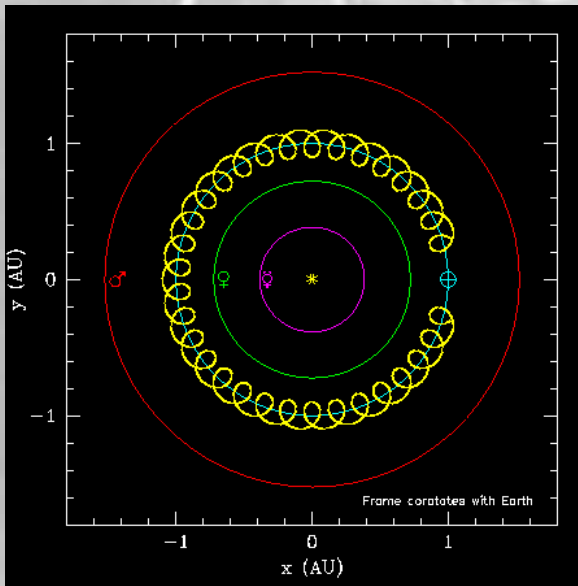
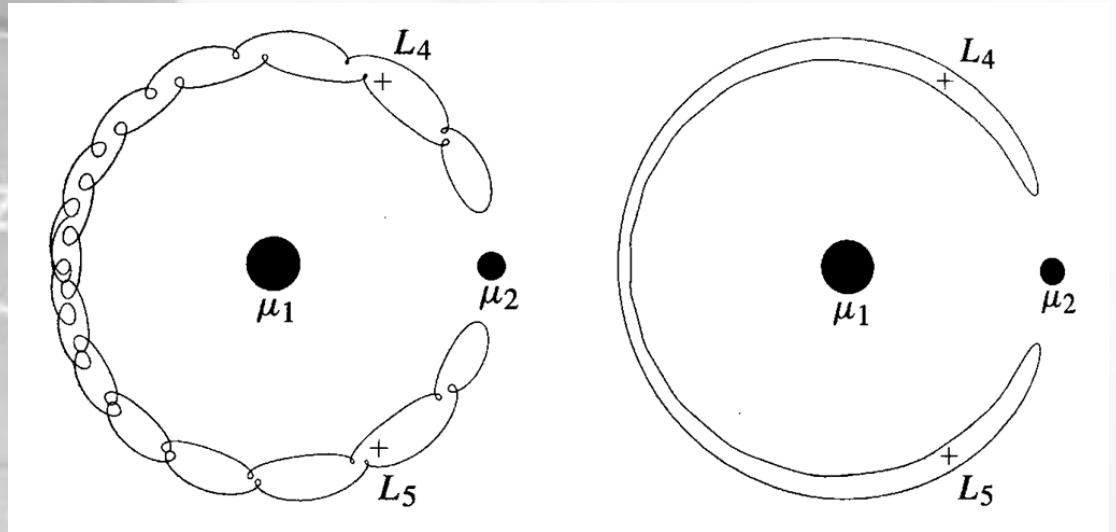


Epilog1 (kijanki i podkowy)

Okazuje się, że orbity związane z punktami libracji mogą mieć bardzo różne kształty

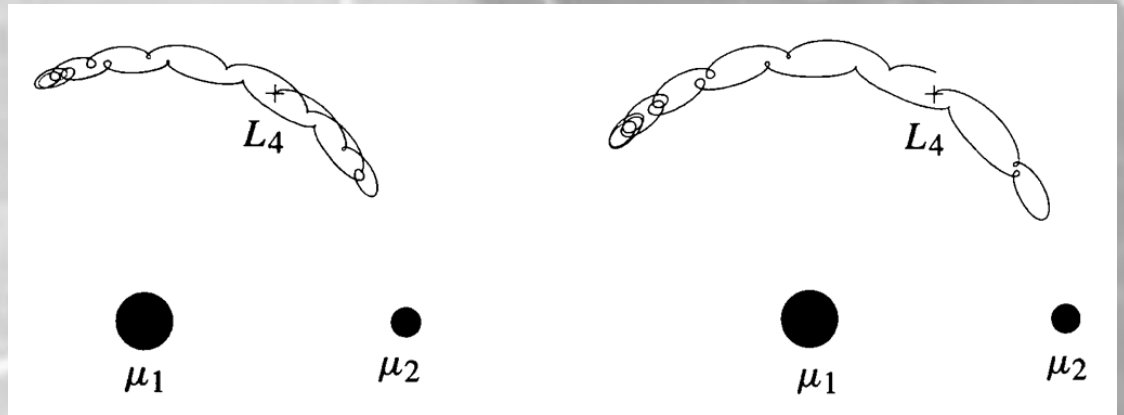
Obecnie znamy dwa takie obiekty w układzie Ziemia-Słońce

3753 Cruithine



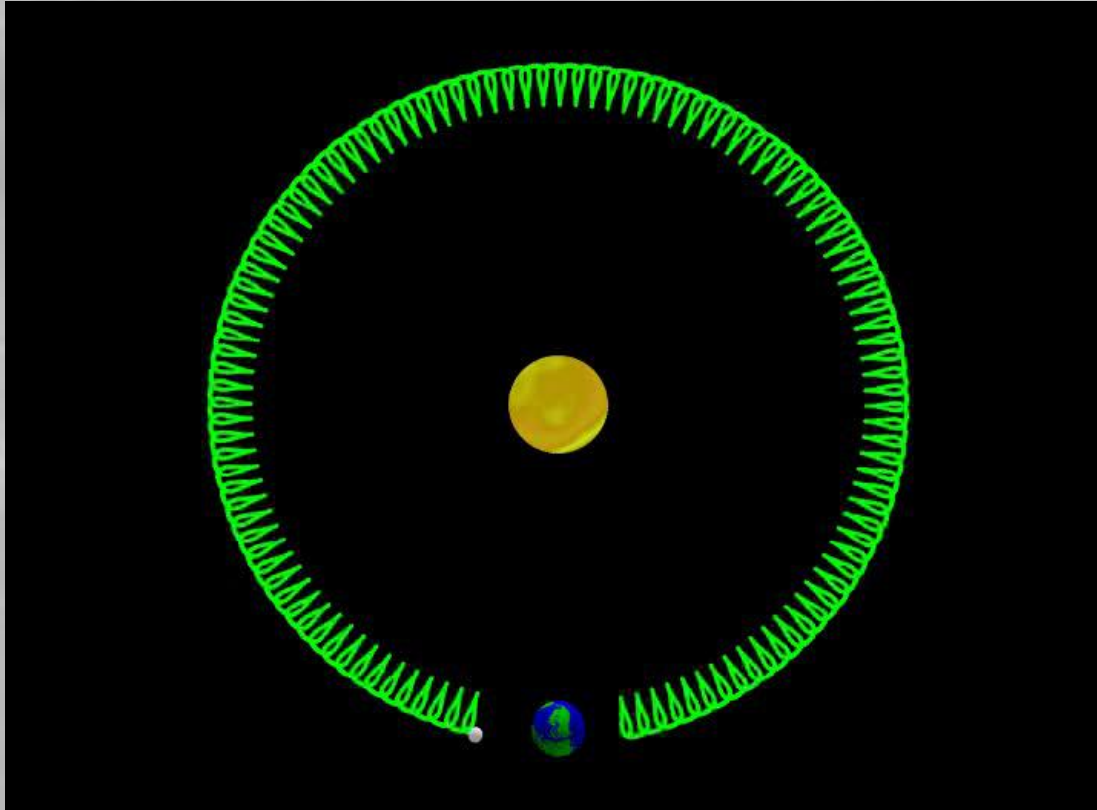
Copyright by Paul Wiegert

Orbita typu podkowy

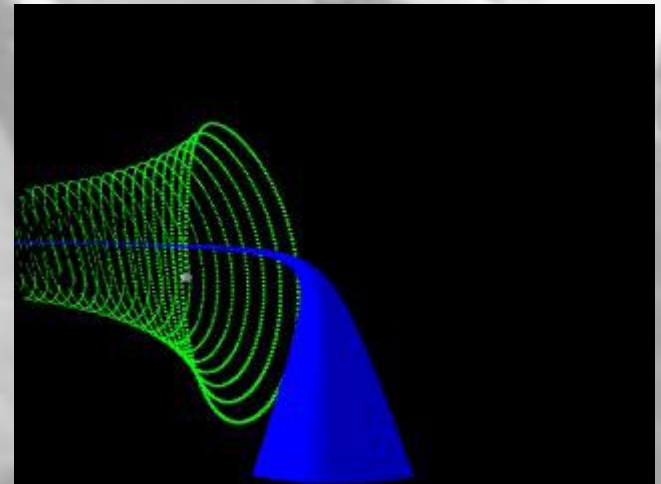


Orbita typu kijanki

Epilog1 (kijanki i podkowy)



planetoida 2002 AA29



Copyright by Paul Wiegert

Epilog2

Reportaż doktora Kazimierza Kordylewskiego z Krakowa,
adiunkta Obserwatorium Astronomicznego UJ,
z przejęcia Obserwatorium Wrocławskiego
z rąk wojsk radzieckich w 1945 roku

