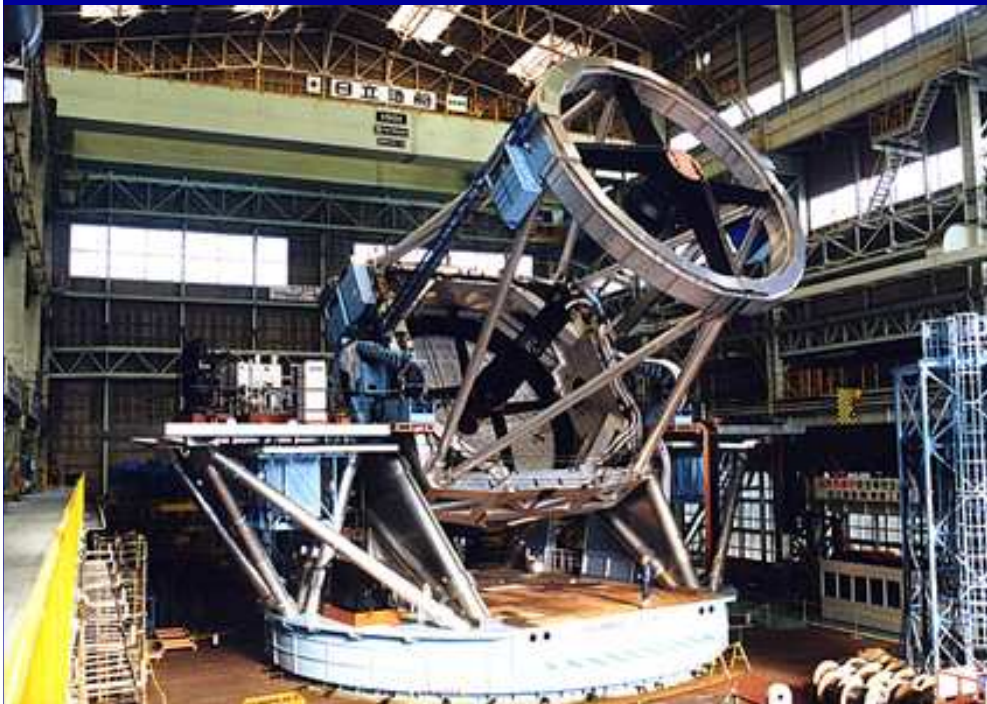




TELESKOPY NOWEJ GENERACJI



NICOLAI
COPERNICITOTO-
RINENSIS DE REVOLVTIONI-
bus orbium coelestium,
Libri VI.

IN QVIBVS STELLARVM ET FI-
XARVM ET ERRATICARVM MOTVS, EX VETE-
ribus atq; recentibus obseruationibus, restituit hic autor.
Præterea tabulas expeditas luculentasq; addidit, ex qui-
bus eisdem motus ad quoduis tempus Mathe-
maticum studiosus facillime calcu-
lare poterit.

ITEM, DE LIBRIS REVOLVTIONVM NICOLAI
Copernici Narratio prima, per M. Georgium Ioachim-
m Rheticum ad D. Ioan. Schone-
rum scripta.



Cum Gratia & Privilegio Caes. Maies-
BASILEAE, EX OFFICINA
HENRICI PETRINI

Spośród różnorodnych nauk (...) tym przede wszystkim poświęcać się należy (...), które obracają się w kregu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania.

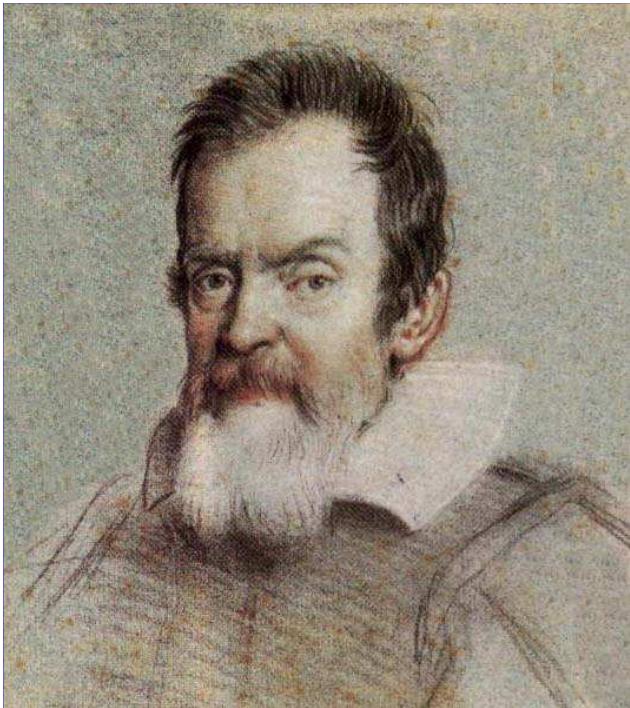
Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we Wszechświecie i biegami gwiazd. (...)

A cóż piękniejszego nad niebo, które przecież ogarnia wszystko co piękne?

MIKOŁAJ KOPERNIK

„O OBROTACH SFER NIEBIESKICH”





*Galileo Galilei
(1564 – 1642)*

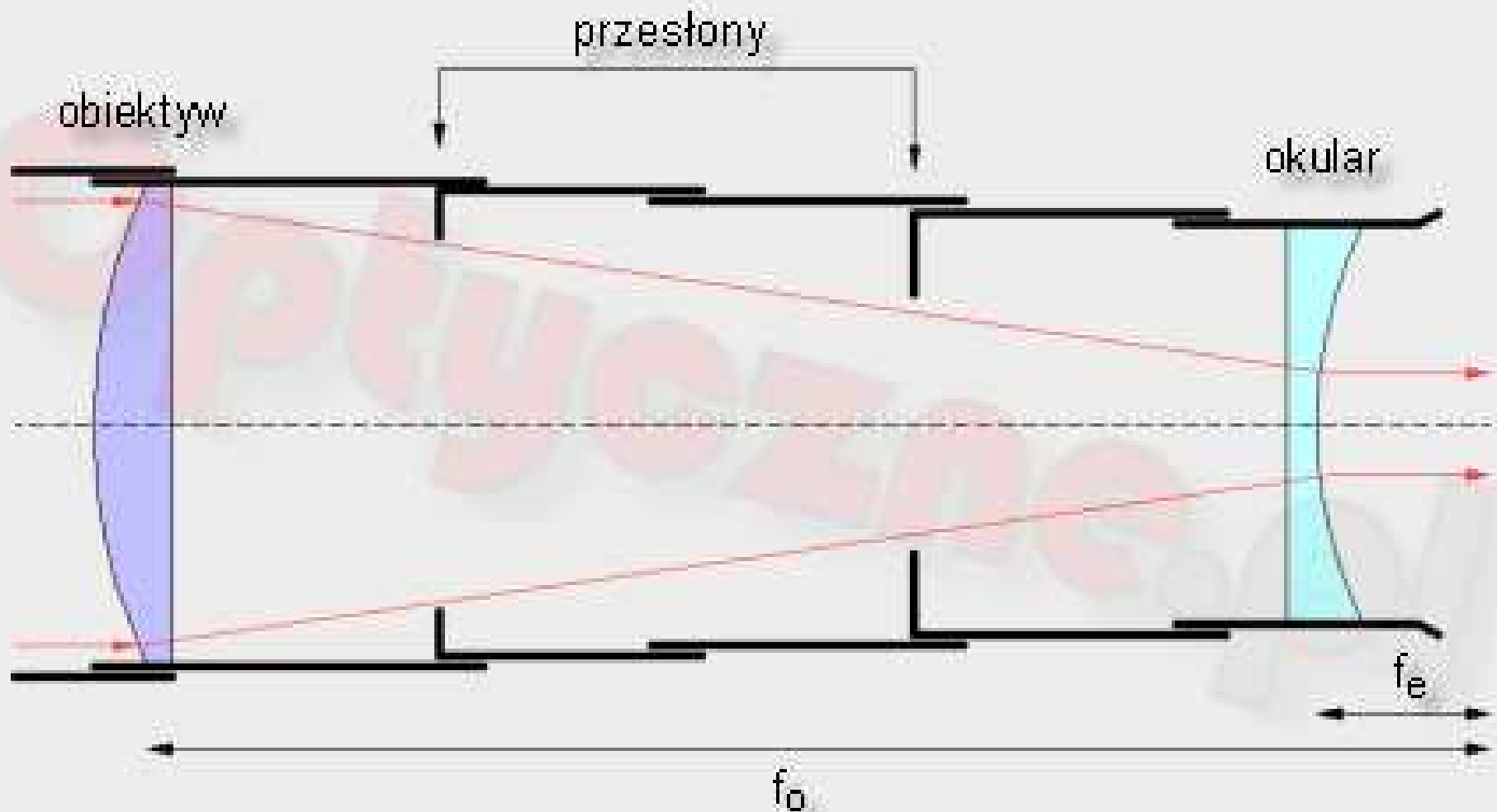


*Luneta Galileusza z 1609 r. – rekonstrukcja.
Obiektyw o średnicy 5 cm i powiększenie 33x*

**MIJA 400 LAT OD CHWILI GDY GALILEUSZ UŻYŁ
SWOJEJ LUNETY DO PIERWSZYCH OBSERWACJI
ASTRONOMICZNYCH.**

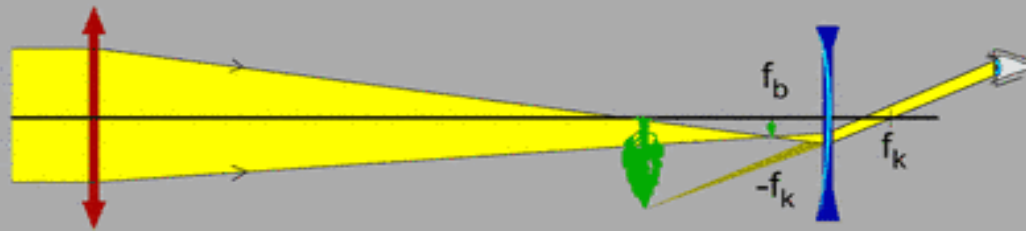
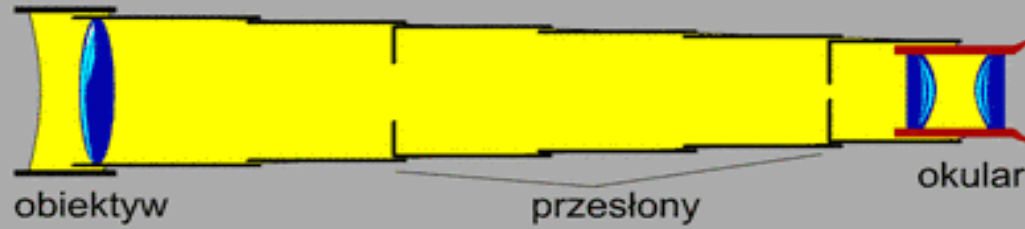
**STĄD ROK 2009 OGŁOSZONO MIĘDZYNARODOWYM
ROKIEM ASTRONOMII.**

SCHEMAT LUNETY GALILEUSZA

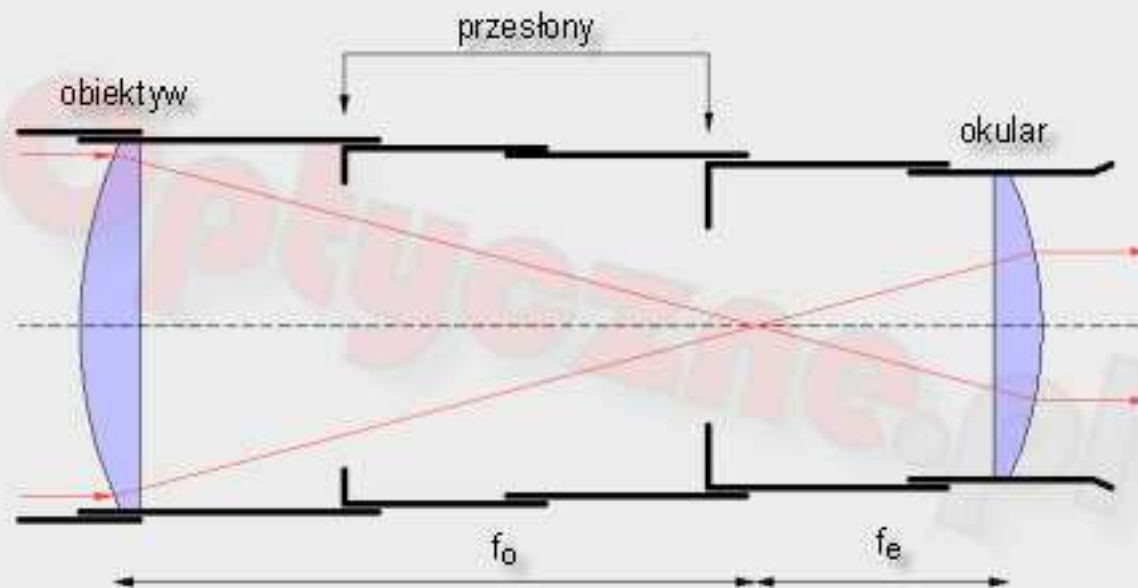


Luneta taka daje obraz prosty

LUNETA KEPLERA (ASTRONOMICZNA)

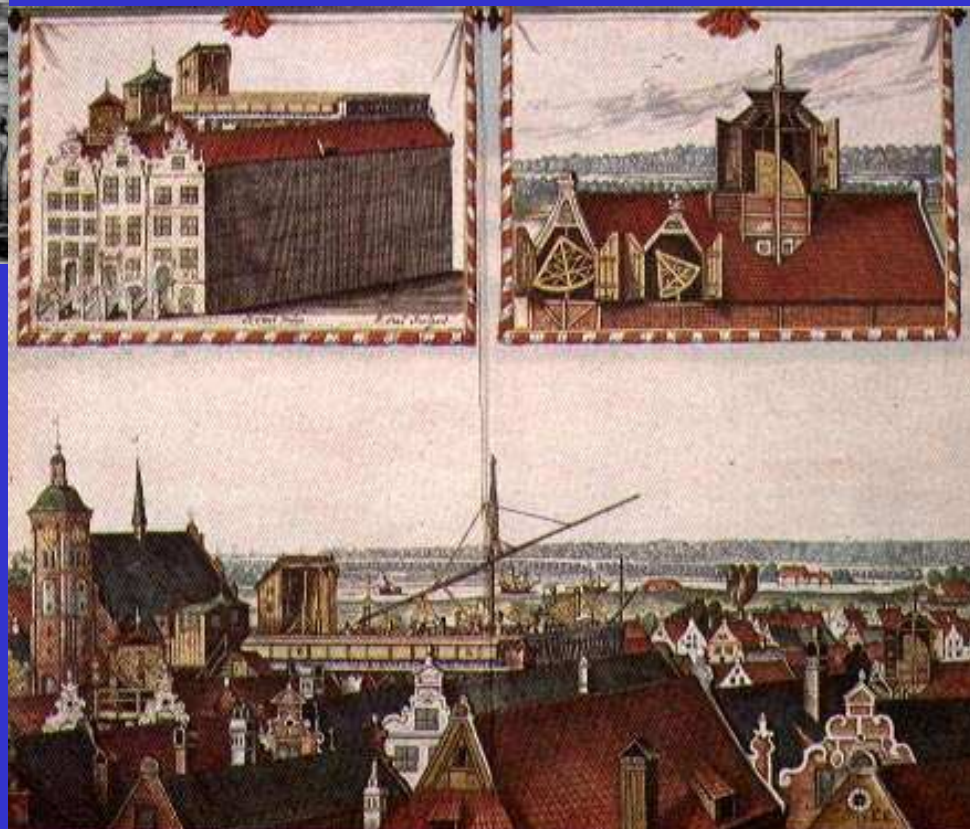
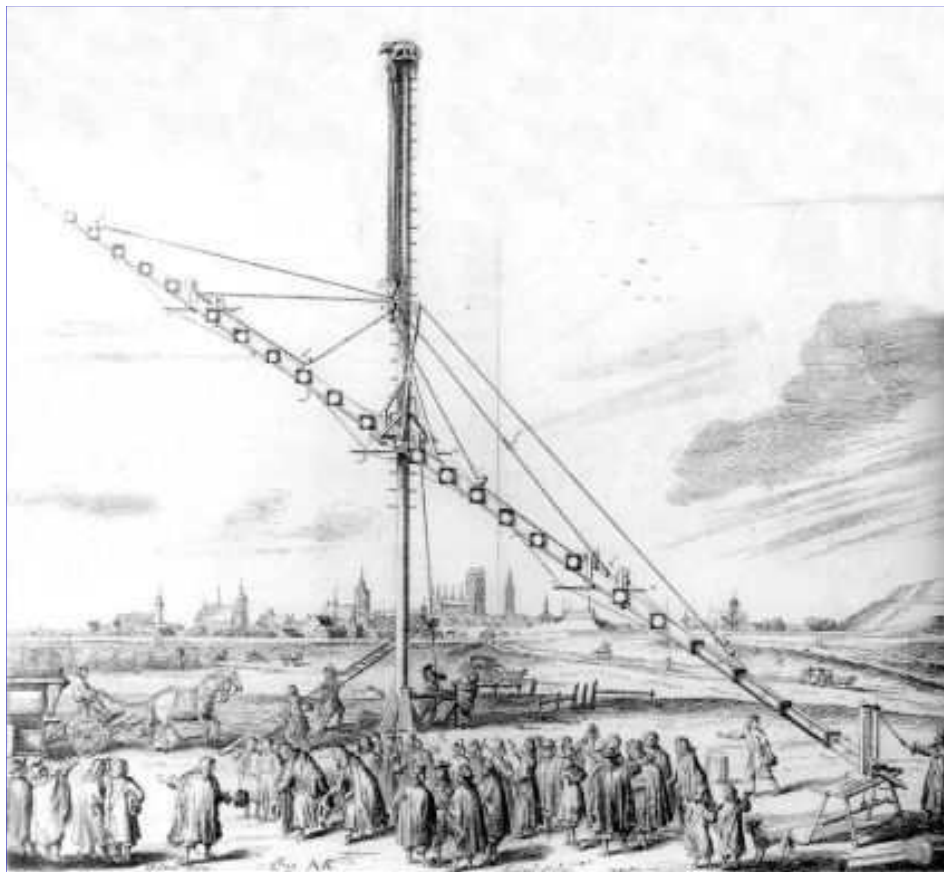


Luneta taka daje obraz odwrócony.

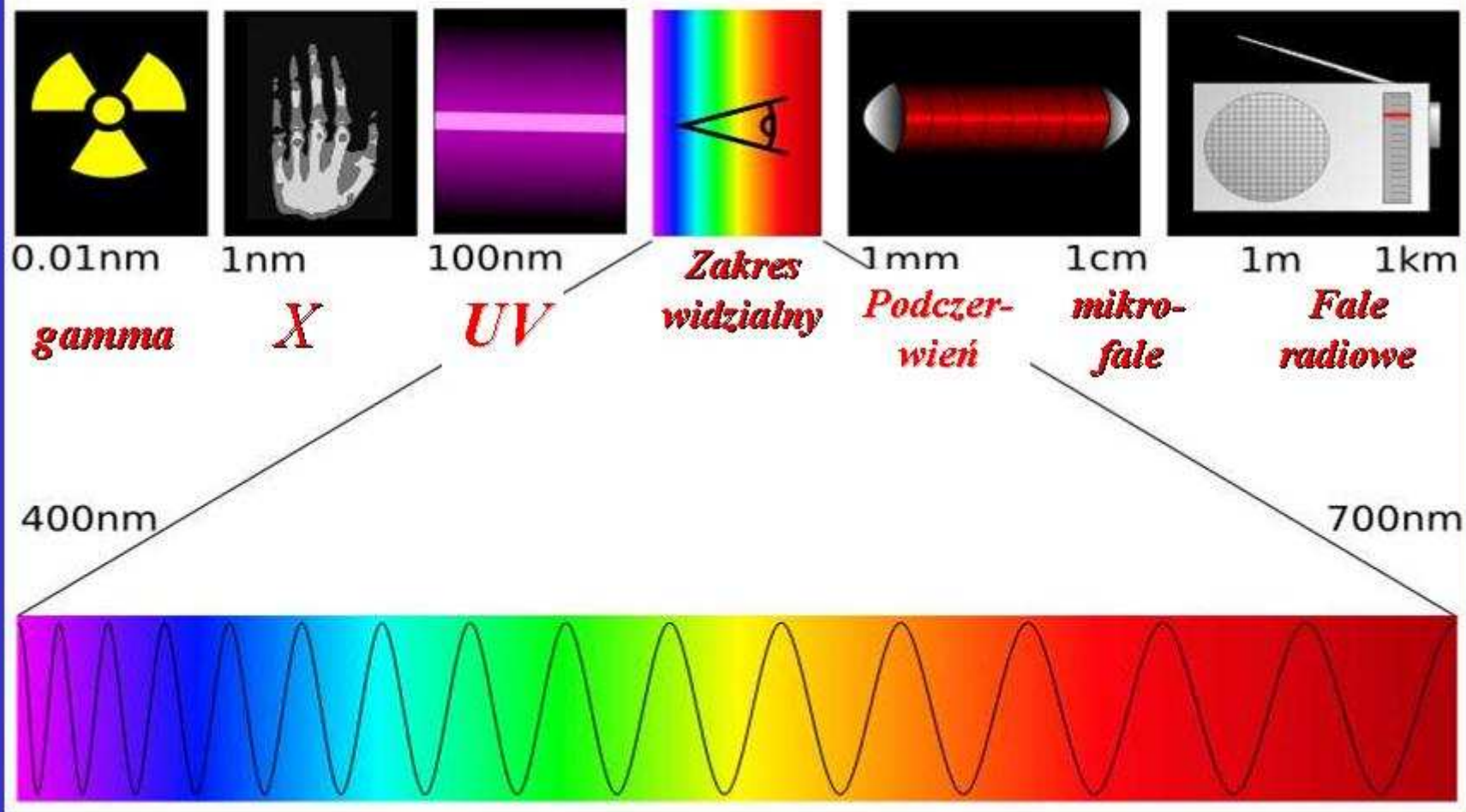


OBSERWATORIUM I WIELKA LUNETA JANA HEWELIUSZA W GDAŃSKU.

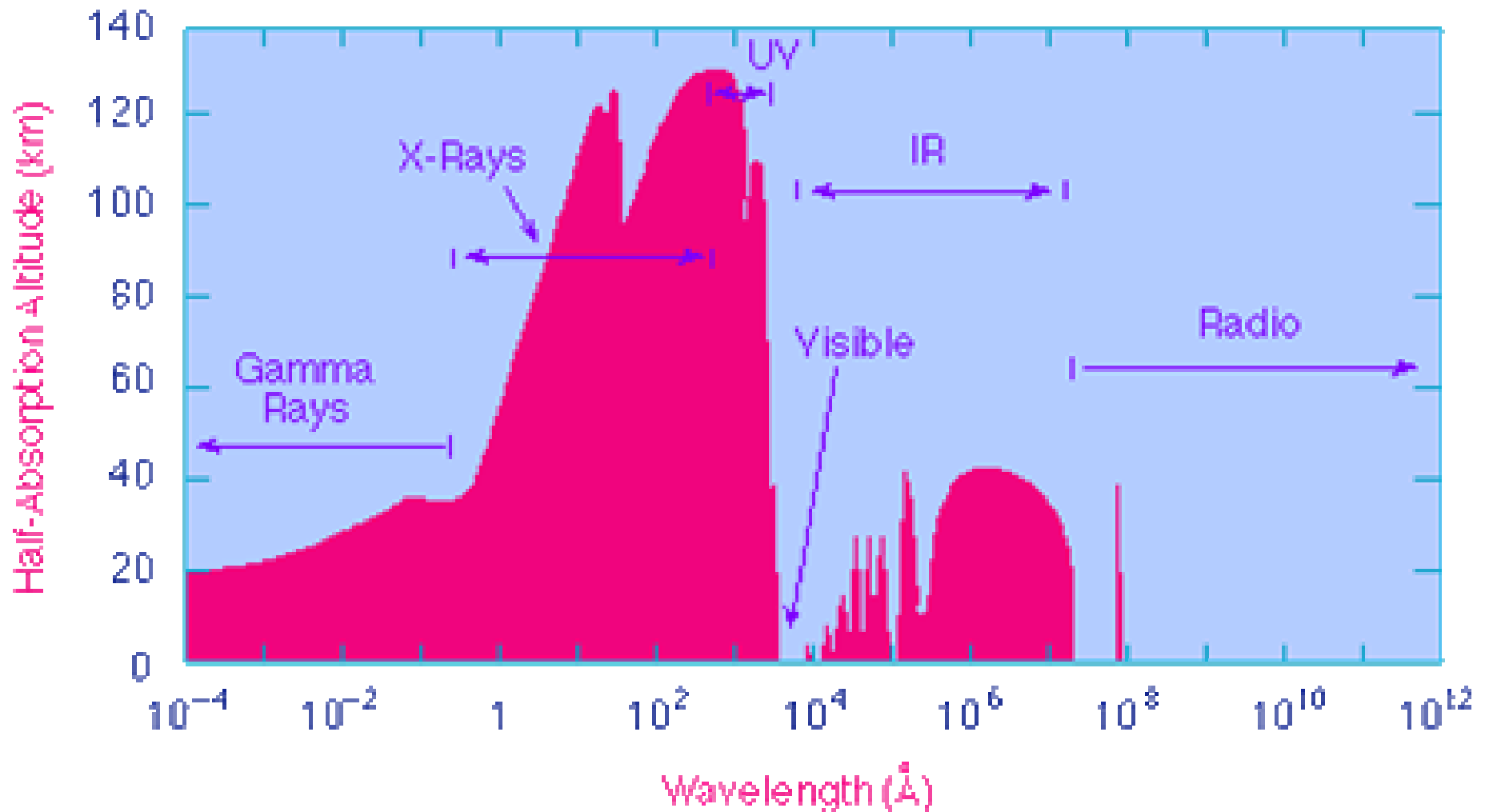
*(Jej długość wynosiła
46 metrów)*

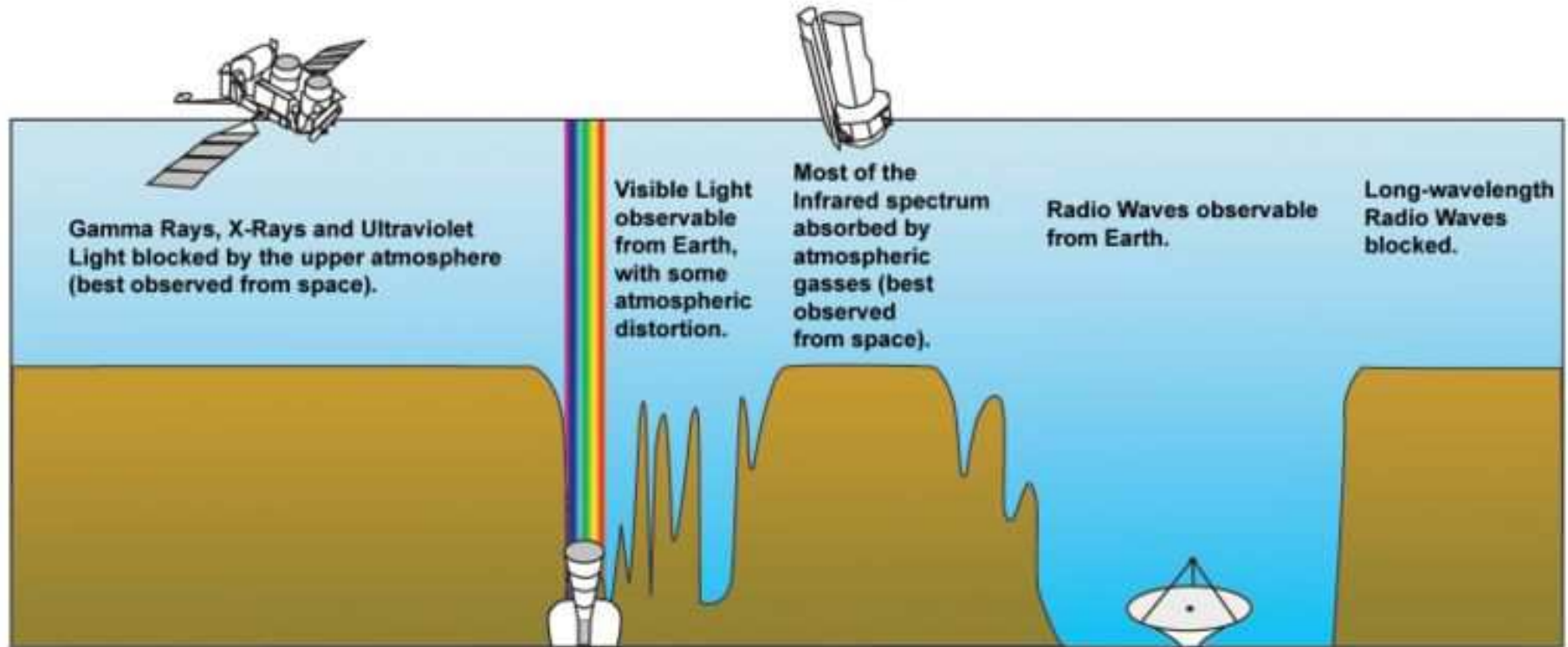
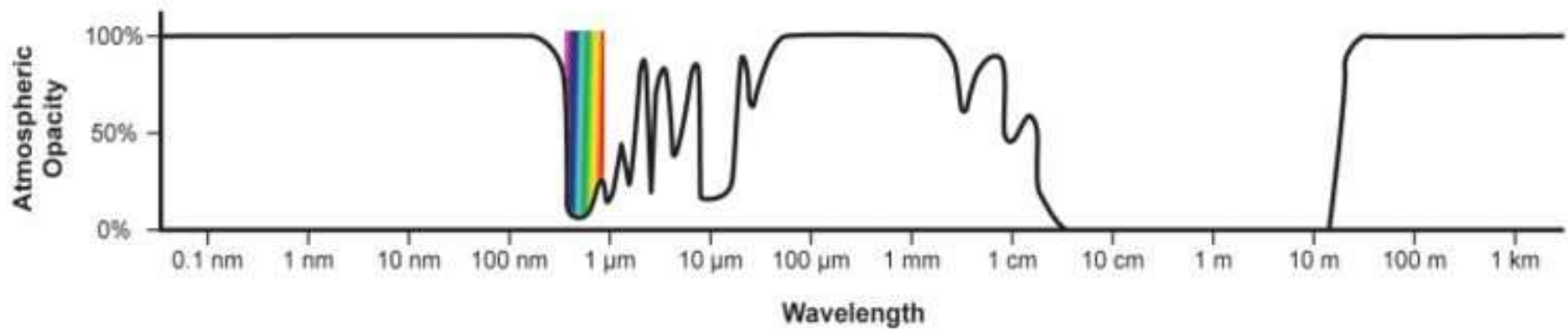


PONAD 90% INFORMACJI O KOSMOSIE DOSTAJEMY ZA POŚREDNICTWEM FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH. PRZYPOMNIJMY WIĘC SOBIE KILKA PODSTAWOWYCH CECH TYCH FAL.



**ATMOSFERA ZIEMSKA PRZEPUSZCZA TYLKO
NIEKTÓRE ZAKRESY WIDMA:
WIDZIALNY ZAKRES OPTYCZNY ORAZ
ZAKRES RADIOWY.**





**ISTNIENIE TZW. „OKIEN PRZEPUSZCZALNOŚCI”
NASZEJ ATMOSFERY PODZIELIŁO TECHNIKI
ASTRONOMICZNE NA TRZY GRUPY:**

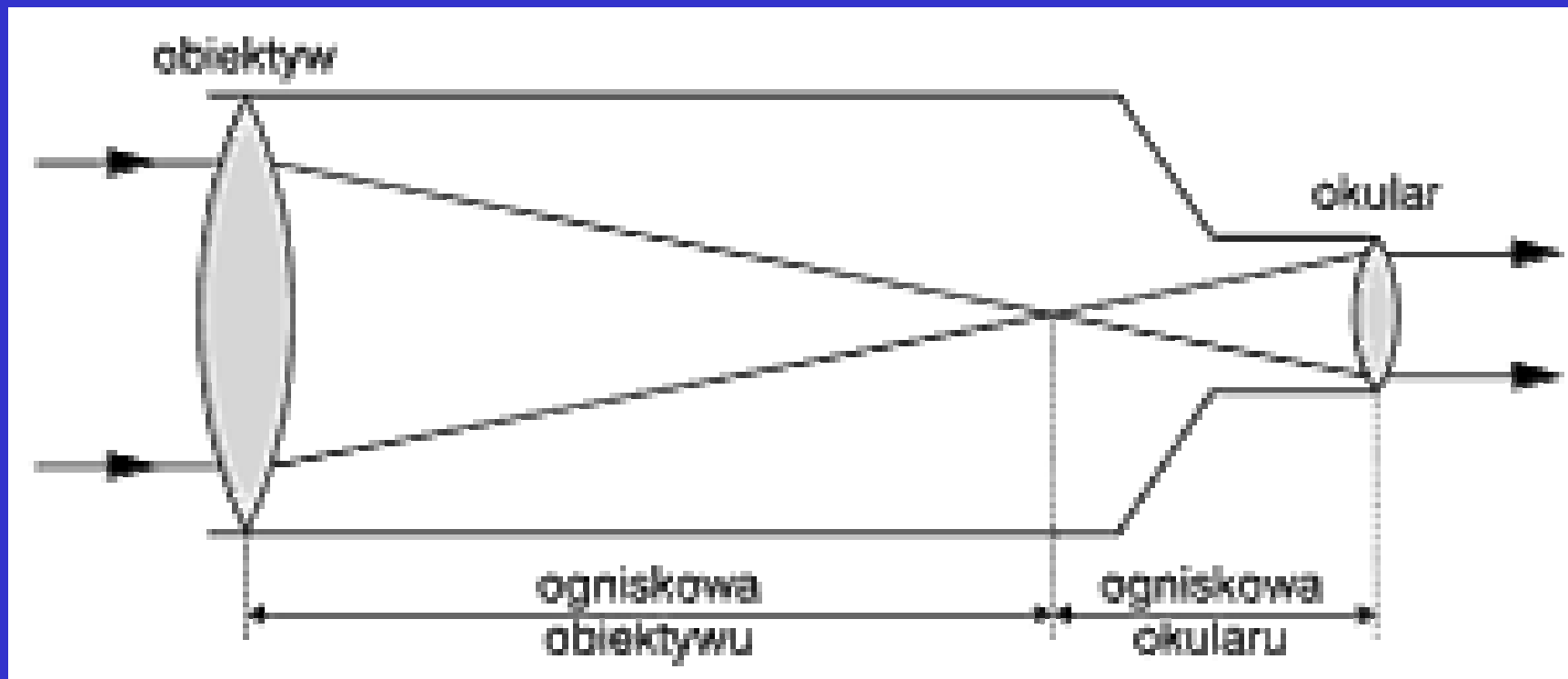
**[a] ASTRONOMIĘ OPTYCZNA – NAZIEMNE LUNETY
I TELESKOPY,**

**[b] RADIOASTRONOMIĘ - RADIOTELESKOPY I ICH
UKŁADY,**

**[c] ASTRONOMIĘ SATELITARNA - TELESKOPY
OBSERWUJĄCE W ZAKRESACH FAL NIEDOS-
TĘPNYCH Z POWIERZCHNI ZIEMI.**

**W NINIEJSZEJ PRELEKCJI OMÓWIMY GŁÓWNIIE
LUNETY I TELESKOPY NAZIEMNE ORAZ
ORBITALNE**

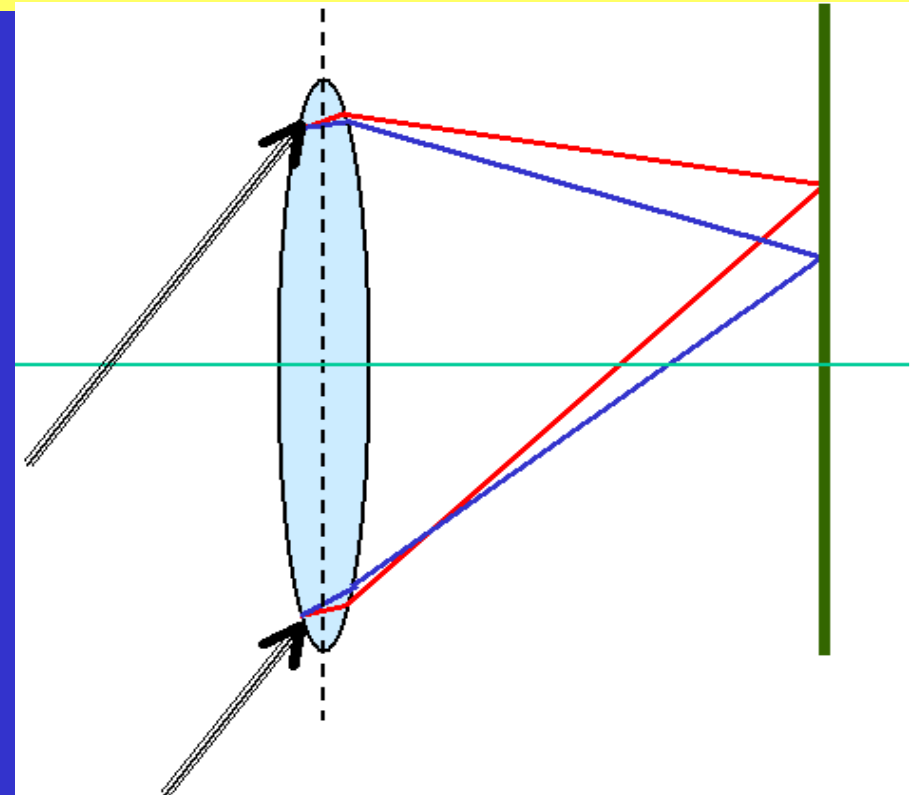
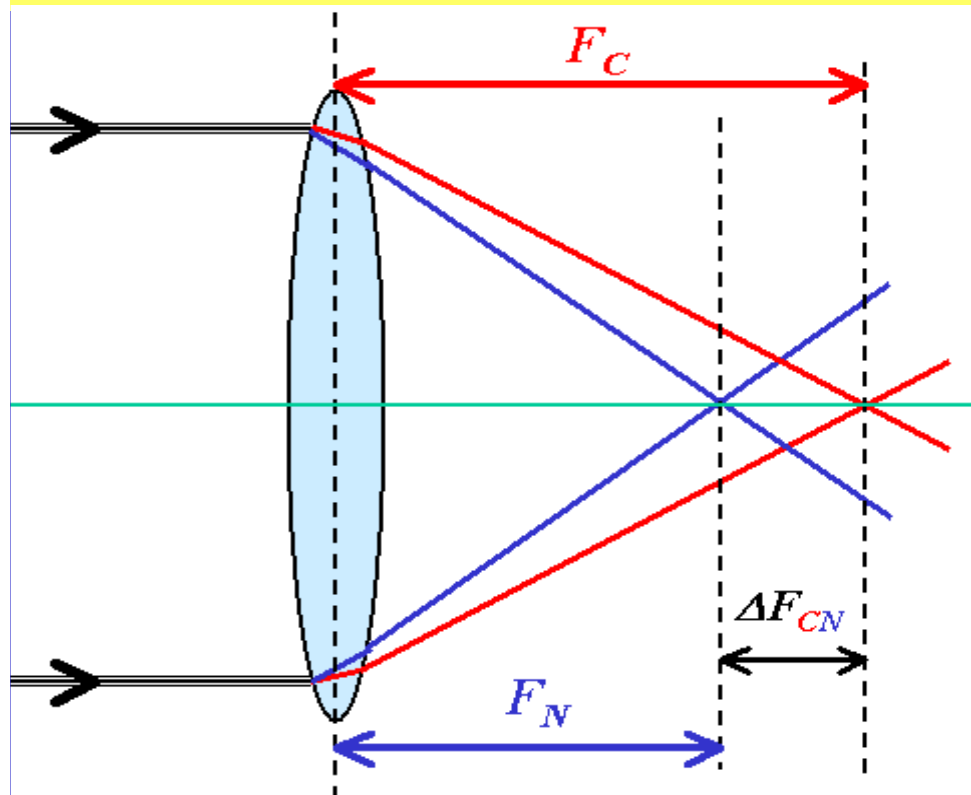
LUNETY (Z OBIEKTYWEM SOCZEWKOWYM) TO TZW. REFRAKTORY Ich działanie związane jest ze zjawiskiem REFRAKCJI czyli załamania promieni świetlnych w obiektywie.



LUNETA KEPLERA

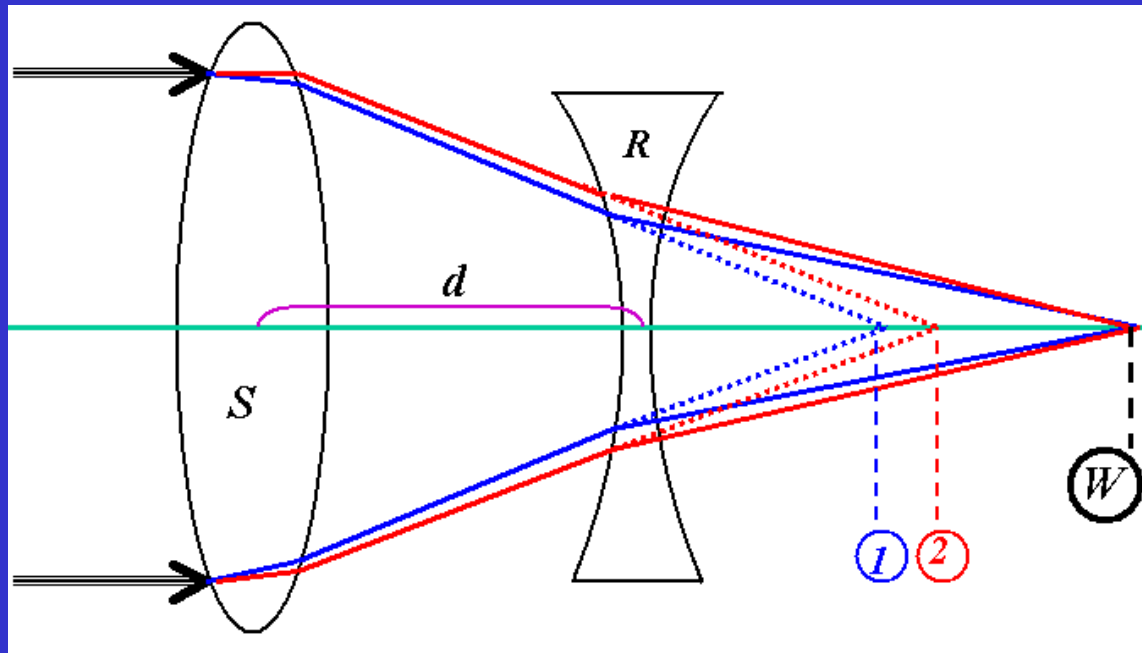
LUNETĄ Z OBIEKTYWEM SOCZEWKOWYM POSIADA DWIE GŁÓWNE WADY OPTYCZNE:

(a) ABERRACJĘ CHROMATYCZNĄ - OGNISKO DLA KAŻDEJ BARWY JEST W NIECO INNYM PUNKCIE,



ABERRACJA CHROMATYCZNA
PODŁUŻNA I POPRZECZNA

ZŁOŻONY OBIEKTYW ACHROMATYCZNY



Wypadkowa ogniskowa takiego układu wyraża się wzorem

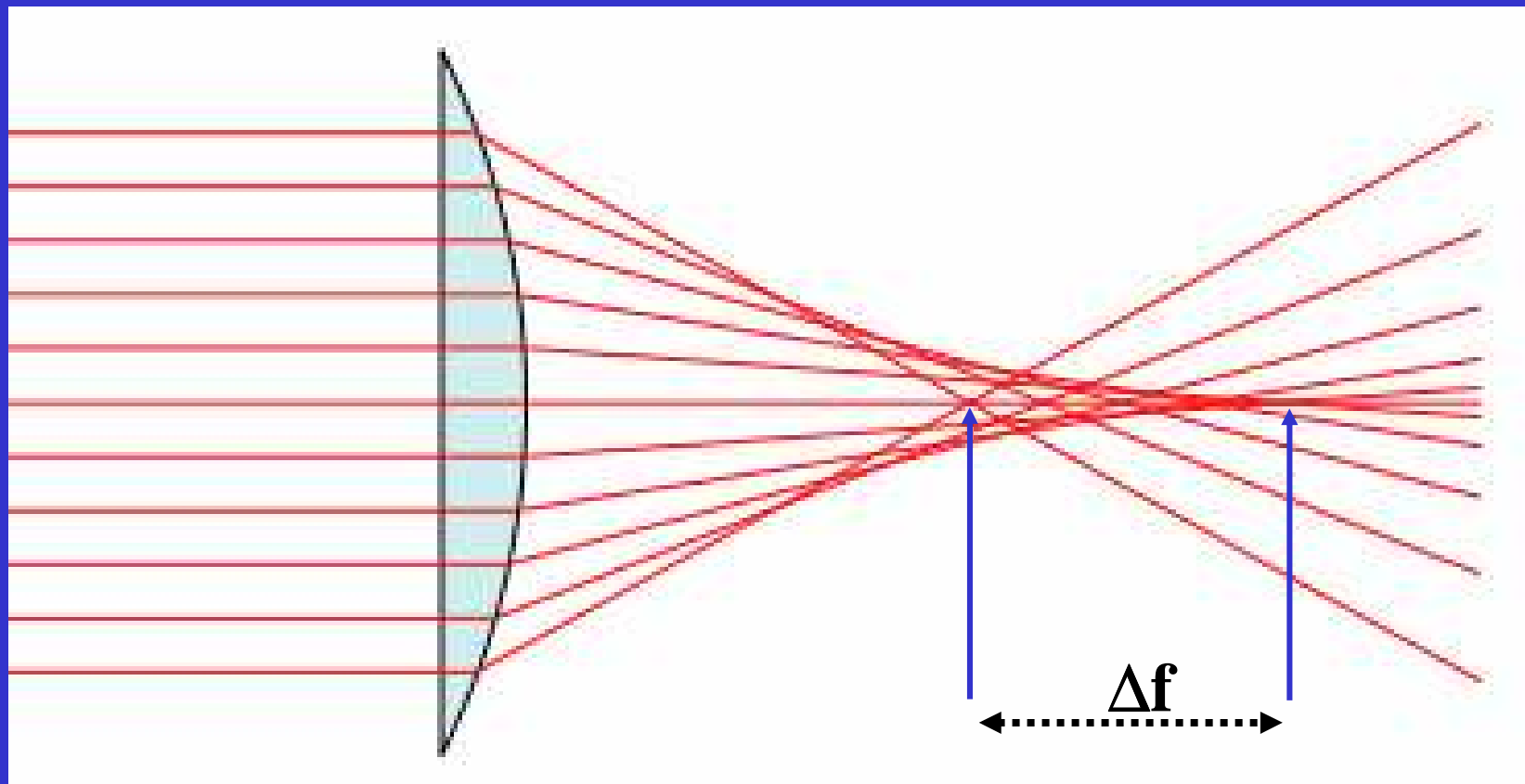
$$F = (F1 * F2) / (F1 + F2 - d)$$

Konstruując obiektyw z dwóch soczewek, rozpraszającej i skupiającej a do tego każda z nich z innego gatunku szkła, można uzyskać wspólne ognisko dla dwóch lub trzech barw, np. czerwonej, żółtej i niebieskiej.

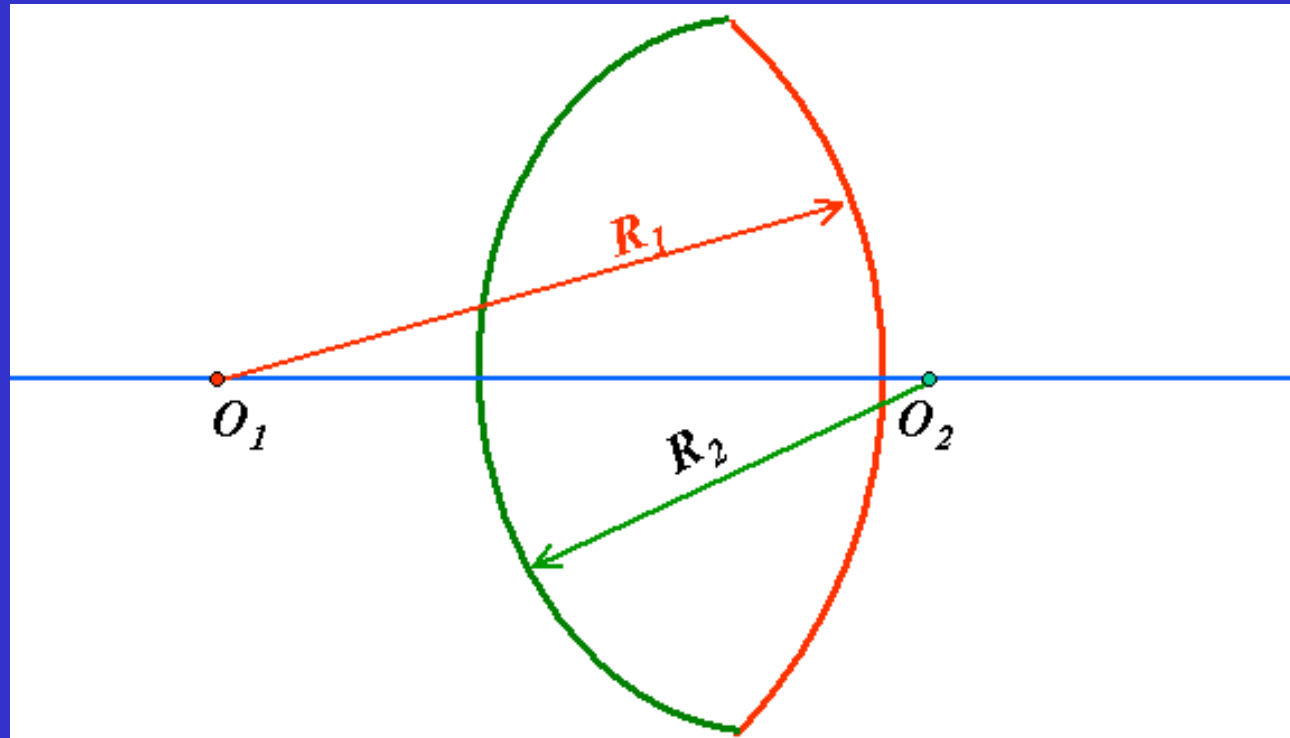
Nadal jednak pozostałe barwy będą miały ogniska w różnych punktach.

LUNETĄ Z OBIEKTYWEM SOCZEWKOWYM POSIADA DWIE GŁÓWNE WADY OPTYCZNE:

(b) ABERRACJĘ SFERYCZNĄ - OGNISKO DLA PROMIENI SKRAJNYCH I PRZYOSIOWYCH JEST W NIECO INNYM PUNKCIE.



SOCZEWKI ASFERYCZNE USUWAJĄCE (W DUŻYM STOPNIU) EFEKT ABERRACJI SFERYCZNEJ



$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

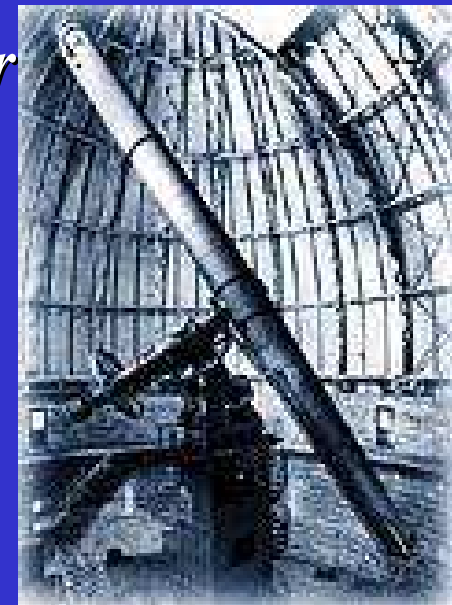
NAJWIĘKSZE REFRAKTORY



*90-cm refraktor Obserwatorium
Licka (1888)*

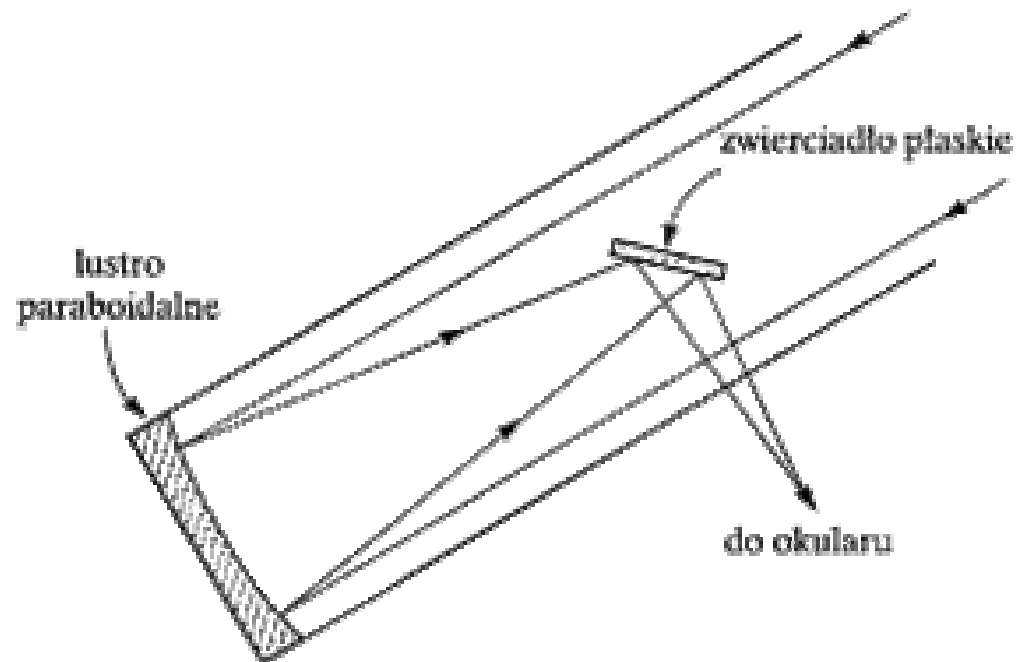


*102-cm refraktor
Obserwatorium
Yerkes (1897).*



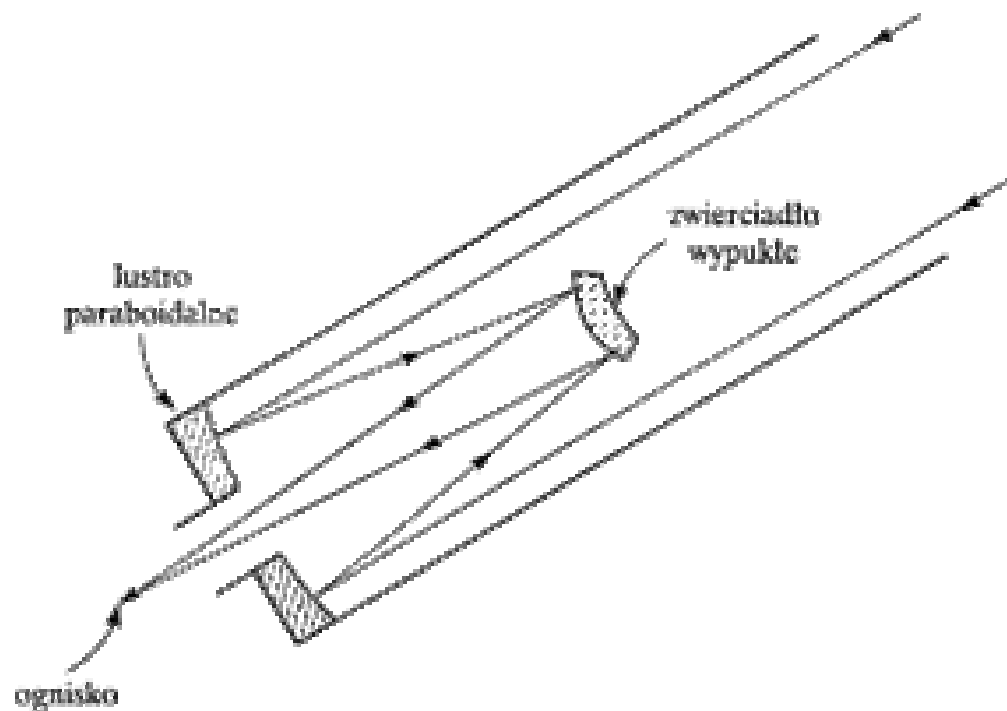
**OBYDWU WYMIENIONYCH WAD
POZBAWIONE SĄ **TELESKOPY**, W
KTÓRYM ROLĘ OBIEKTYWU PEŁNI
ZWIERCIADŁO O POWIERZCHNI W
KSZTAŁCIE PARABOLOIDU.**

**TELESKOPY NALEŻĄ DO TZW.
REFLEKTORÓW. ICH DZIAŁANIE
BAZUJE NA ZJAWISKU ODBICIA
ŚWIATŁA OD ZWIERCIADŁA.**



**TYPOWE UKŁADY
OPTYCZNE TELESKOPÓW:**

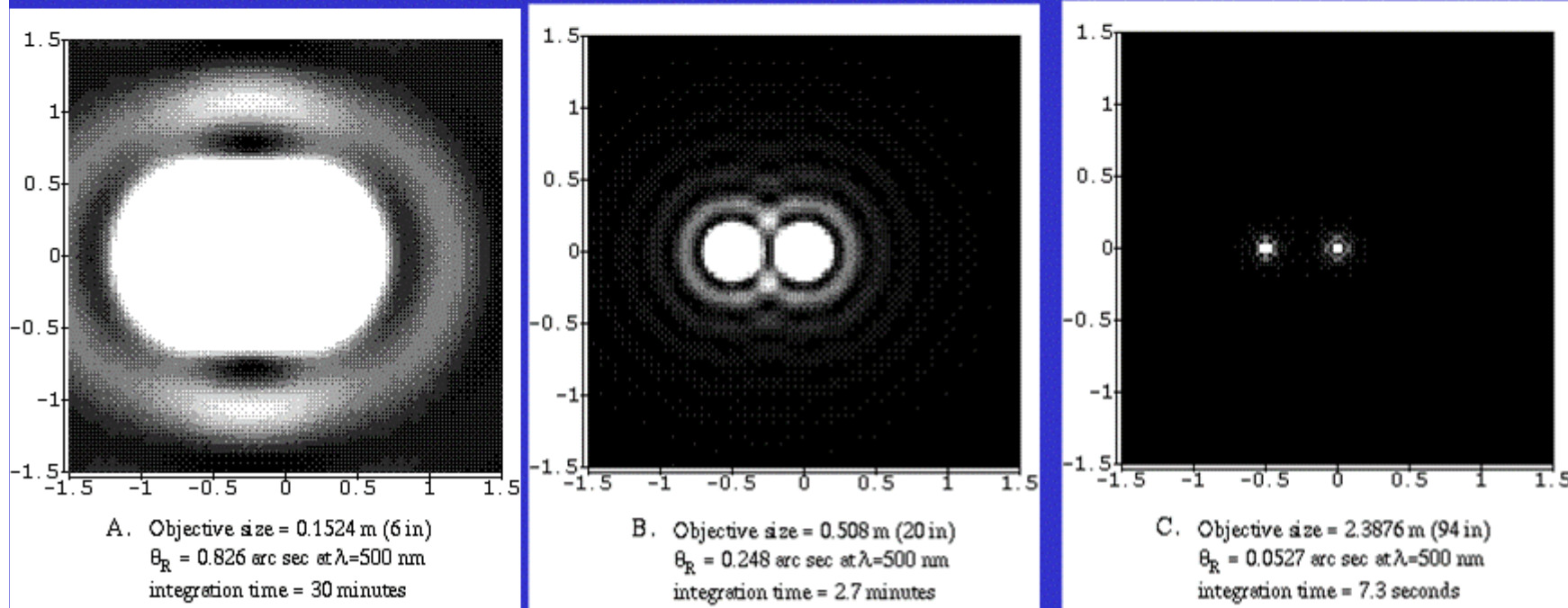
UKŁAD NEWTONA



UKŁAD CASSEGRAINA

TELESKOPY I LUNETY MAJĄ JEDNAK PEWNĄ NIEKORZYSTNĄ CECHĘ WYNIKAJĄCĄ Z FALOWYCH WŁASNOŚCI ŚWIATŁA - EFEKT DYFRAKCJI PSUJĄCY ZDOLNOŚĆ ROZDZIELCZĄ.

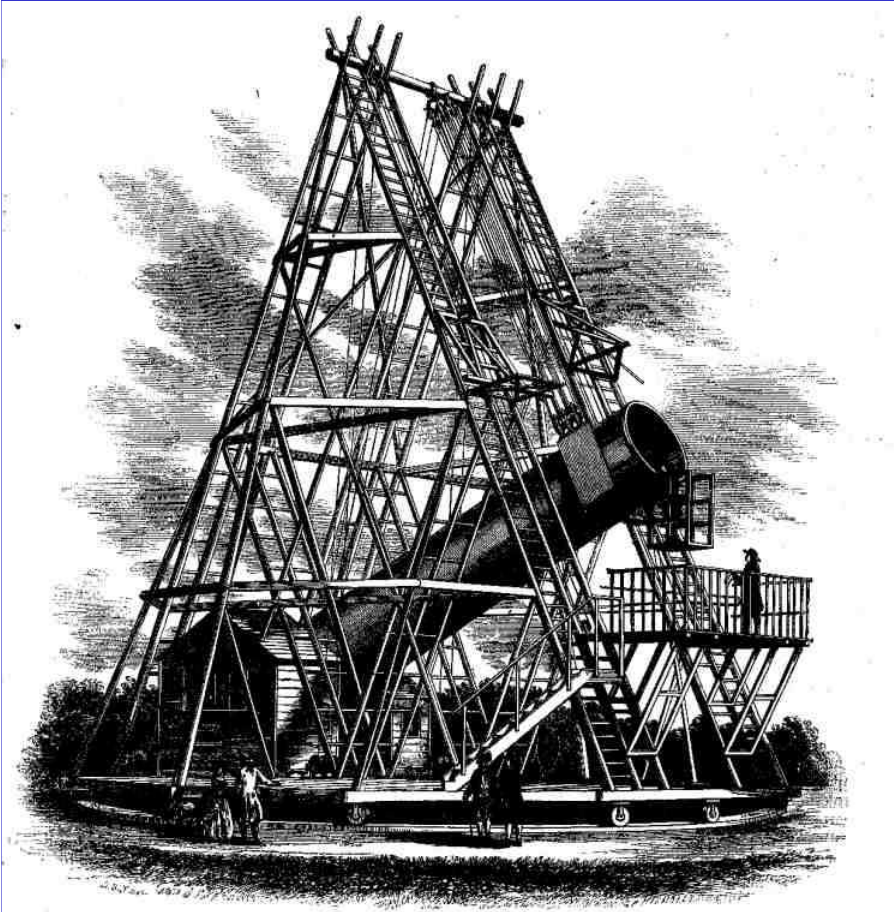
OBRAZ PUNKTOWEGO ŹRÓDŁA ŚWIATŁA (GWIAZDY) NIE JEST PUNKTEM LECZ KRAŻKIEM DYFRAKCYJNYM. JEGO ŚREDNICA JEST ODWROTNIE PROPORCJONALNA DO ŚREDNICY OBIEKTYWU.



TELESKOPY O WIELKICH LUSTRACH BUDUJE SIĘ WIĘC Z DWÓCH POWODÓW:

- (a) ABY ZMINIMALIZOWAĆ EFEKT DYFRAKCJI I ZWIĘKSZYĆ W TEN SPOSÓB OSTROŚĆ ORAZ ZDOLNOŚĆ ROZDZIELCZĄ OBRAZU,**
- (b) ABY DUŻA POWIERZCHNIA LUSTRA ZBIERAŁA DUŻĄ ILOŚĆ ŚWIATŁA, CO POZWALA OBSERWOWAĆ SŁABE I DALEKIE OBIEKTY.**

DAWNE WIELKIE REFLEKTORY



**Reflektor Williama Herschela
o średnicy 1,26 m
i długości 12 m
(1789 r).**

Montaż azymutalny.

Dwa największe teleskopy w obserwatorium Mt. Wilson, gdzie w pierwszych dekadach XX w. pracował E. Hubble.

Do połowy XX w. były to największe teleskopy świata.

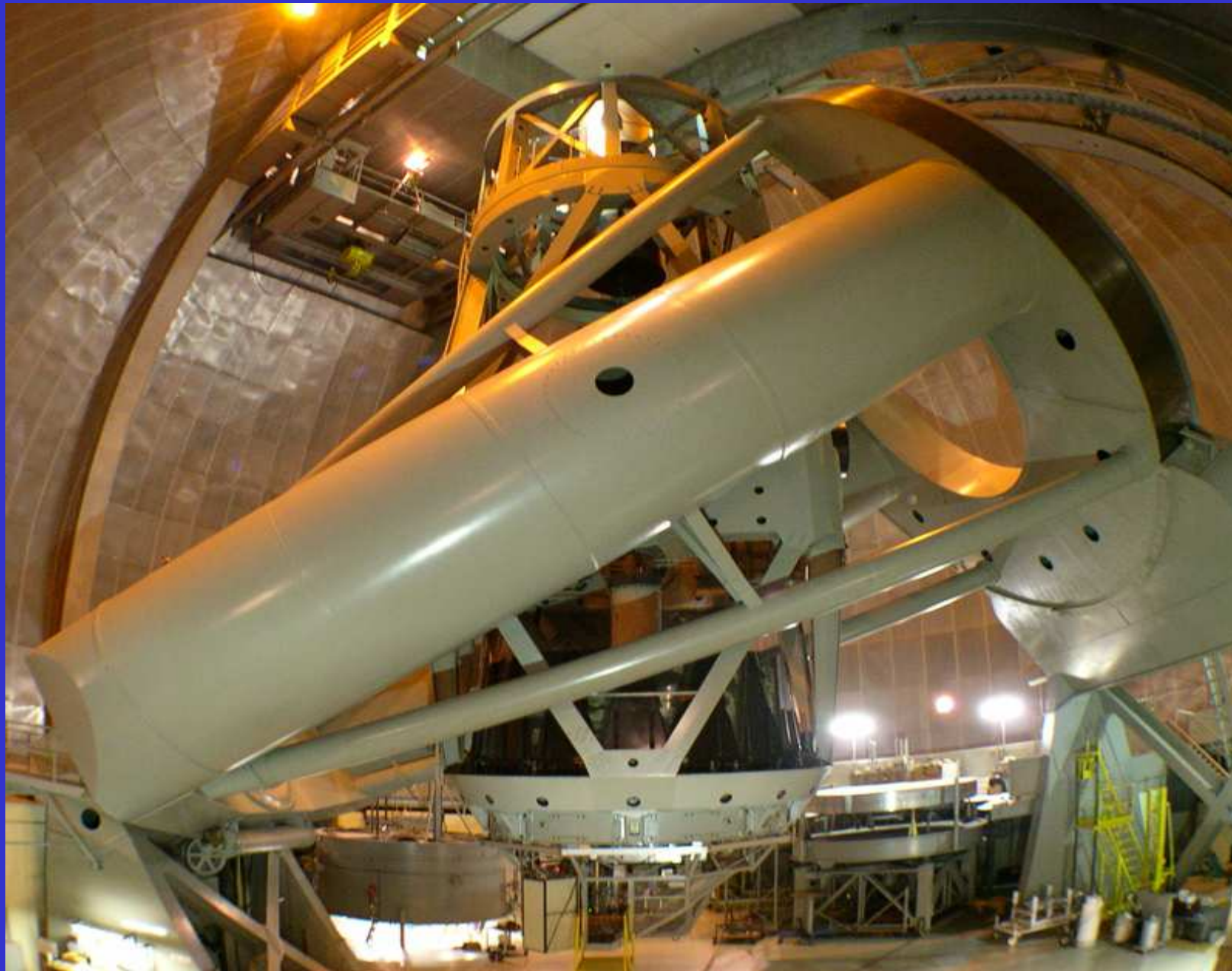


1.5 m. teleskop

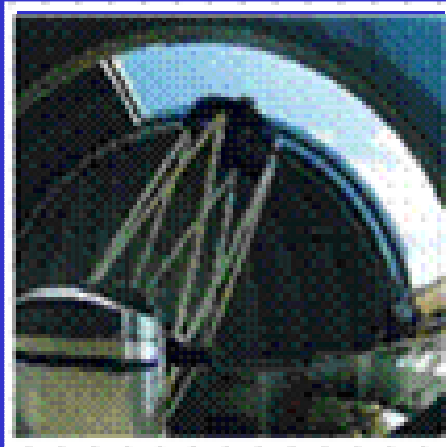
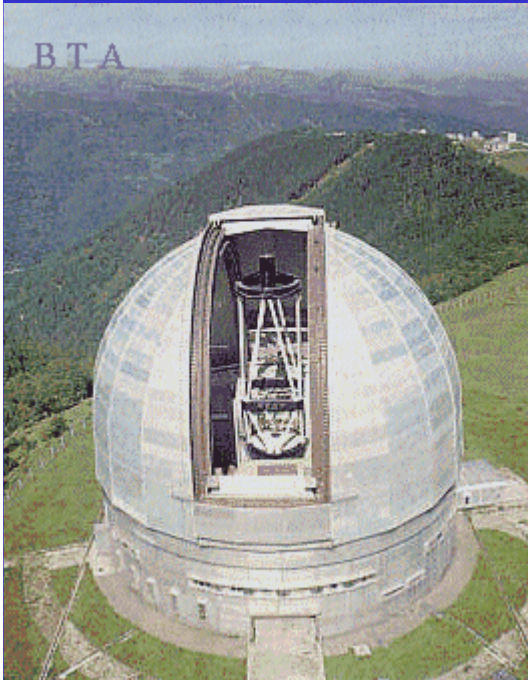


2.5 m. teleskop, na którym najczęściej swoich prac wykonał E. Hubble.

5- METROWY TELESKOP W OBS. MŁ. PALOMAR (USA)



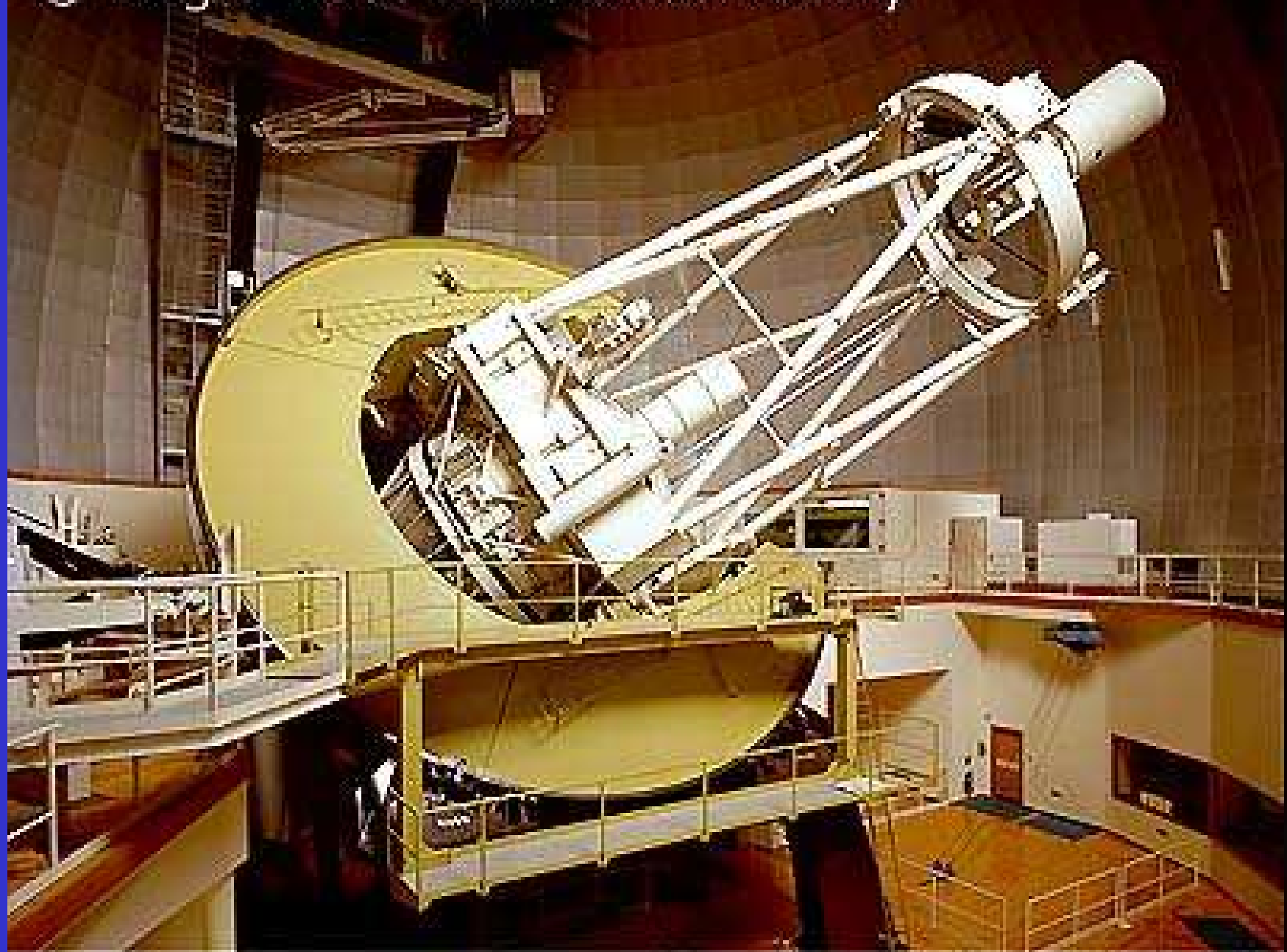
Special Astrophysical Observatory (SAO) – Rosja (Kaukaz) 6-metrowy teleskop

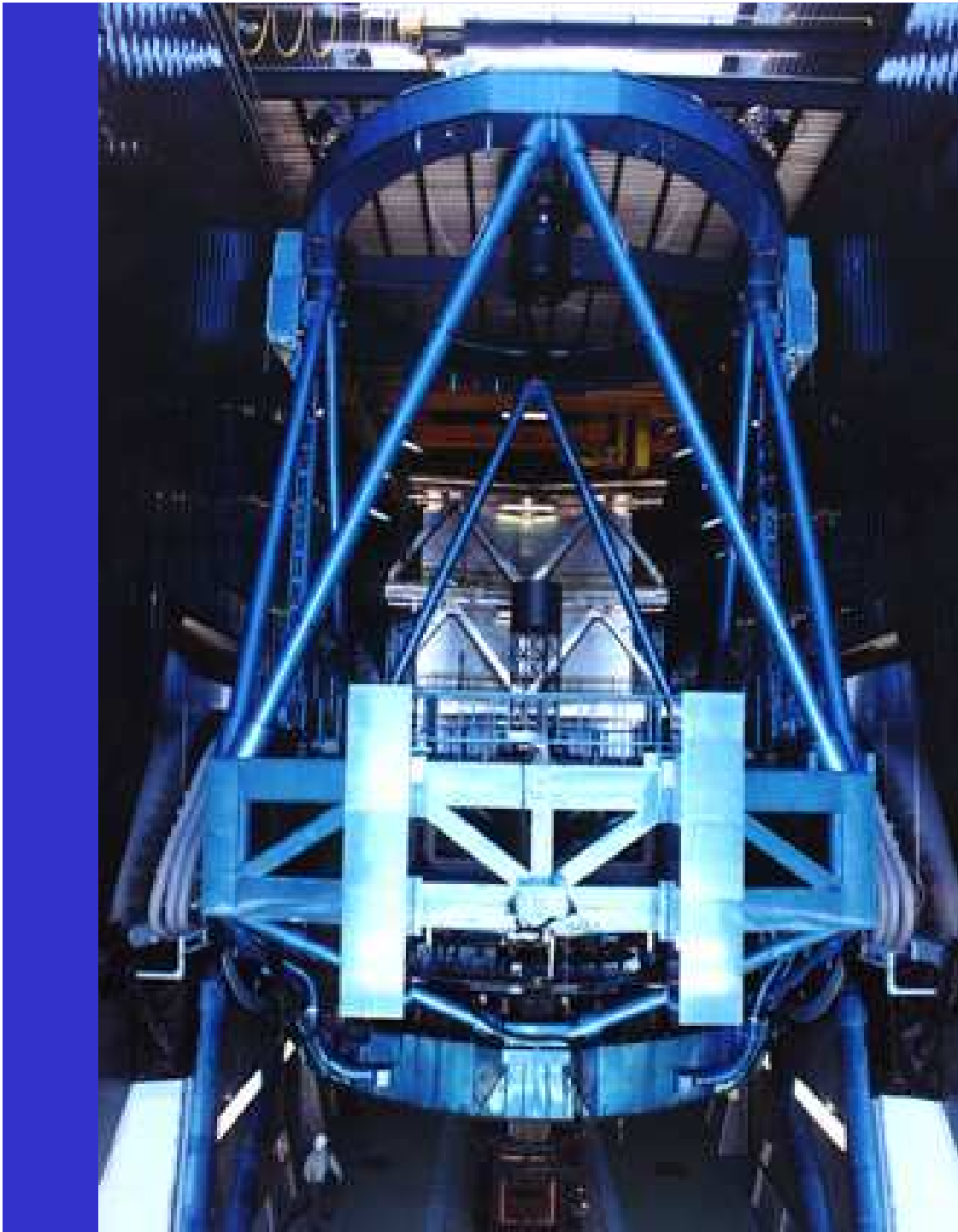


KOPUŁA 4-m. TELESKOPU CFHT (HAWAJE)



© Anglo-Australian Observatory





TELESKOP „SUBARU”
Z GRUPY WIELKICH
TELESKOPÓW NOWEJ
GENETACJI (VLT)
w obserwatorium
Mauna Kea na Hawajach

Posiada monolityczne
zwierciadło główne o
średnicy 8.3 m.

SCHEMAT TELESKOPU SUBARU

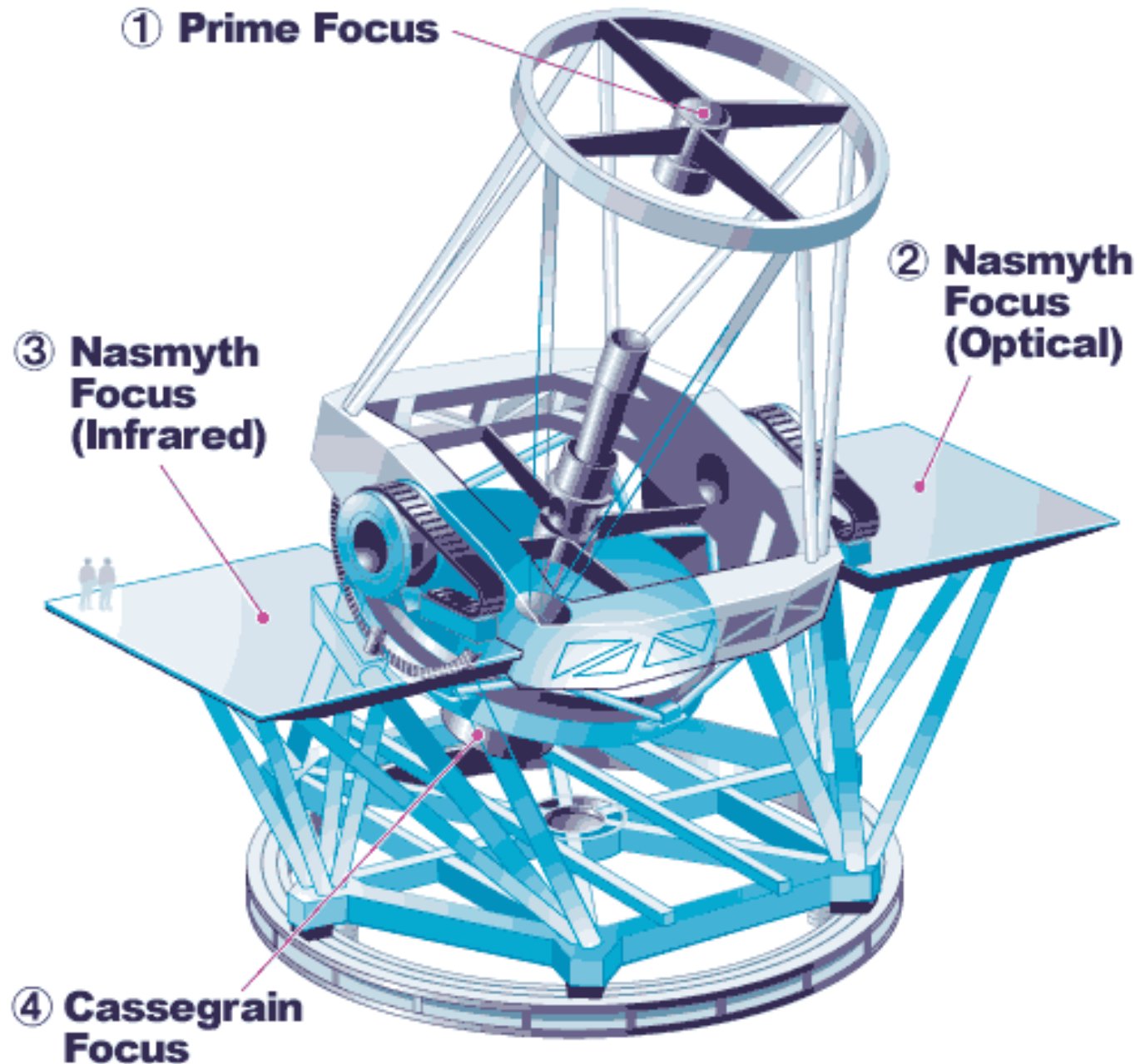
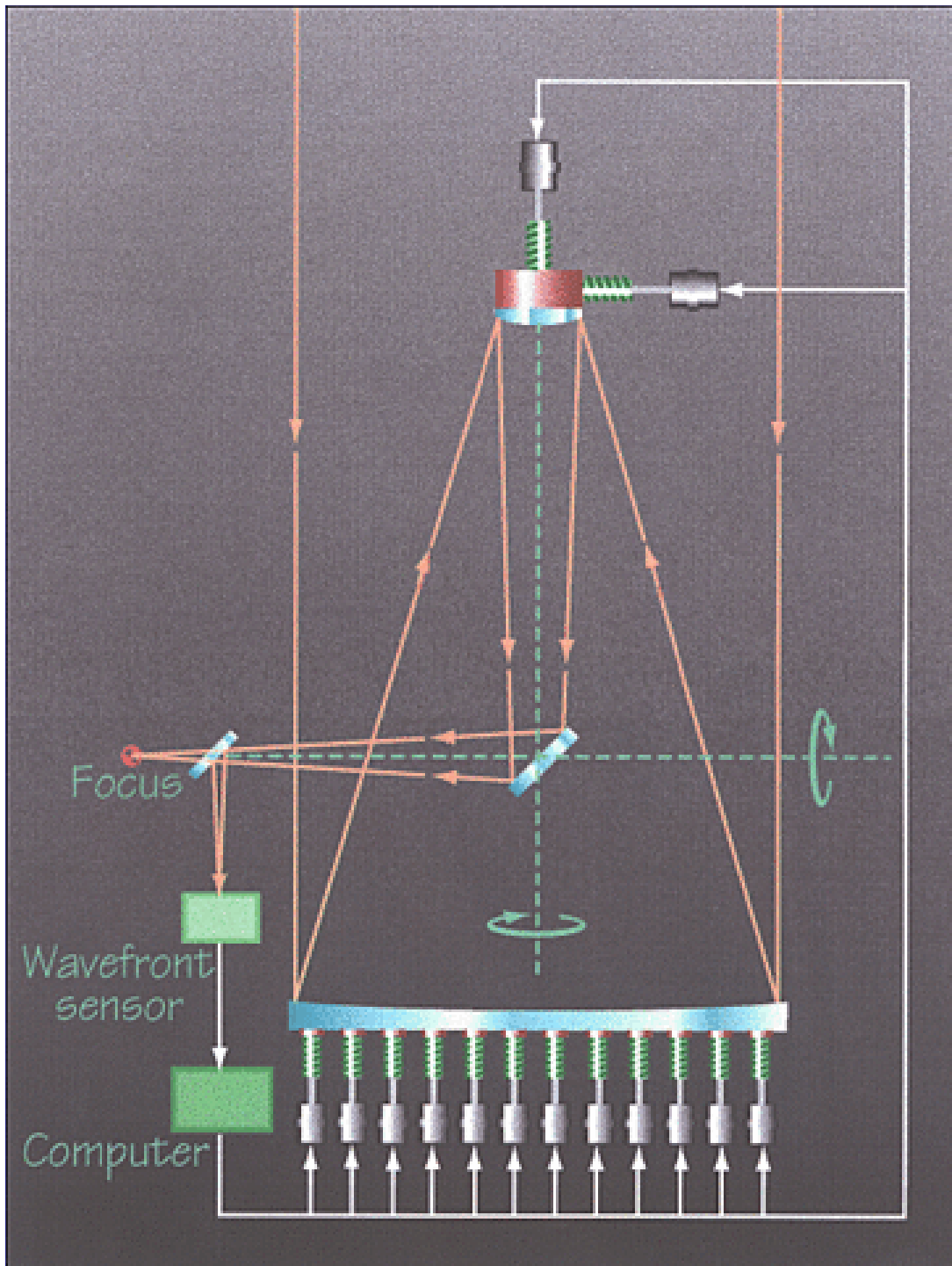


Illustration by Takaetsu Endo, taken from Nikkei Science 1996



IDEA tzw. „OPTYKI AKTYWNEJ” LUSTRA GŁÓWNEGO

GLÓWNE LUSTRO TELESKOPU „SUBARU” elementy jego optyki aktywnej

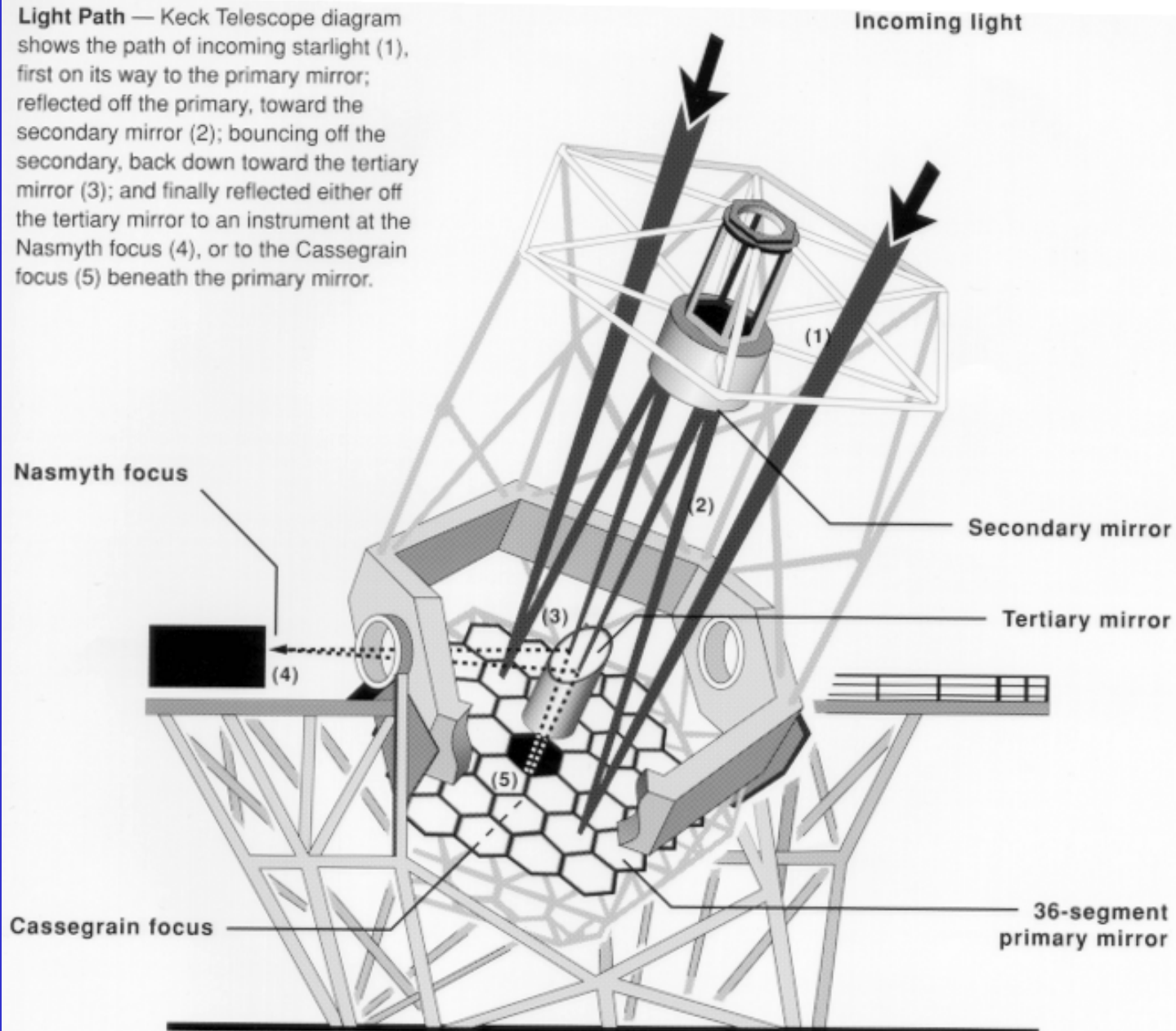


WIDOK OBSERWATORIUM MAUNA_KEA (HAWAJE) POSIADAJĄCEGO TELESKOPY NOWEJ GENERACJI



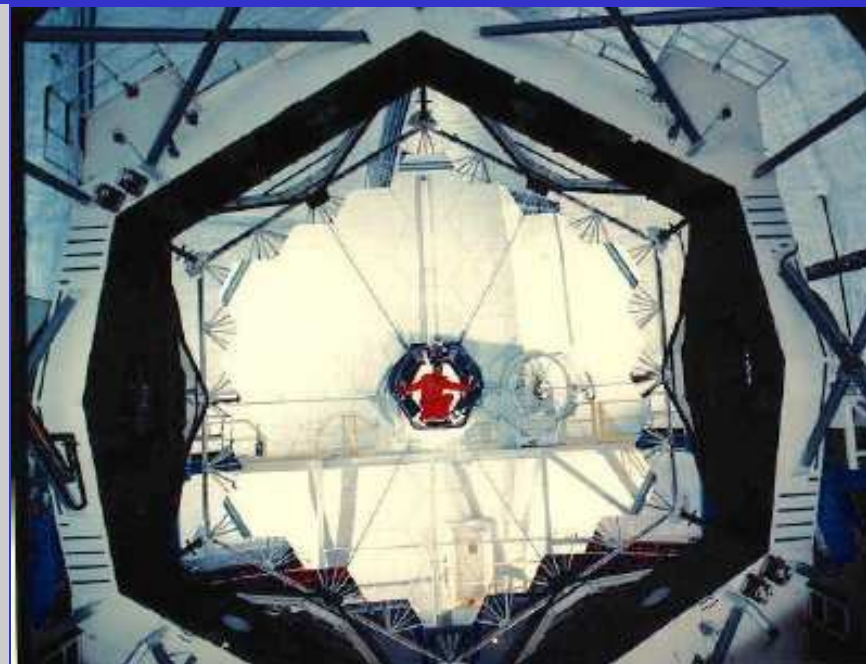
SCHEMAT TELESKOPU KECKA - NOWA GENERACJA

Light Path — Keck Telescope diagram shows the path of incoming starlight (1), first on its way to the primary mirror; reflected off the primary, toward the secondary mirror (2); bouncing off the secondary, back down toward the tertiary mirror (3); and finally reflected either off the tertiary mirror to an instrument at the Nasmyth focus (4), or to the Cassegrain focus (5) beneath the primary mirror.



WIELKIE TELESKOPY KECKA W OBSERWATORIUM MOUNA KEA NA HAWAJACH (budowane w latach 90-tych).

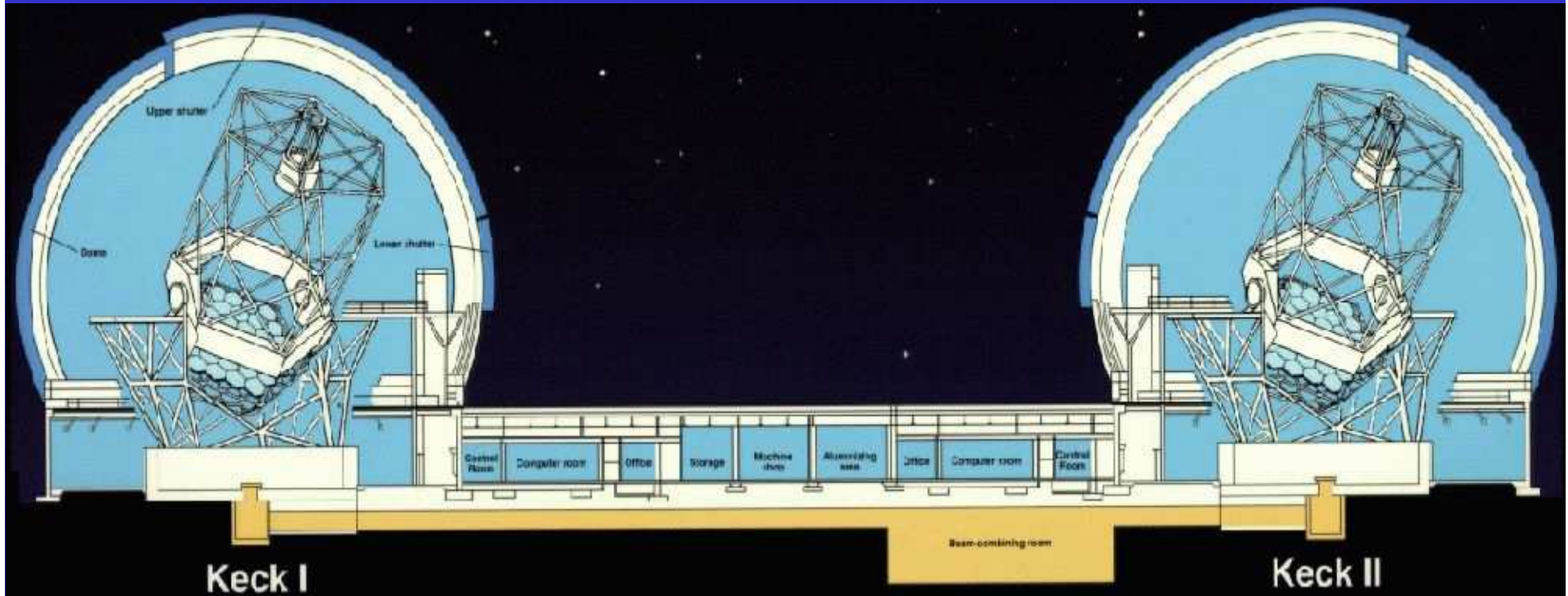
- Zwierciadła złożone z 36 sześciokątnych segmentów. Elementy różnią się od siebie.
- Efektywna średnica: 10 m
- Waga zwierciadła głównego: 14.4 tony
- Waga kopuły: 635 ton
- Długość teleskopu: 24.6 m
- Wysokość kopuły: 37 m
- Optyka aktywna.



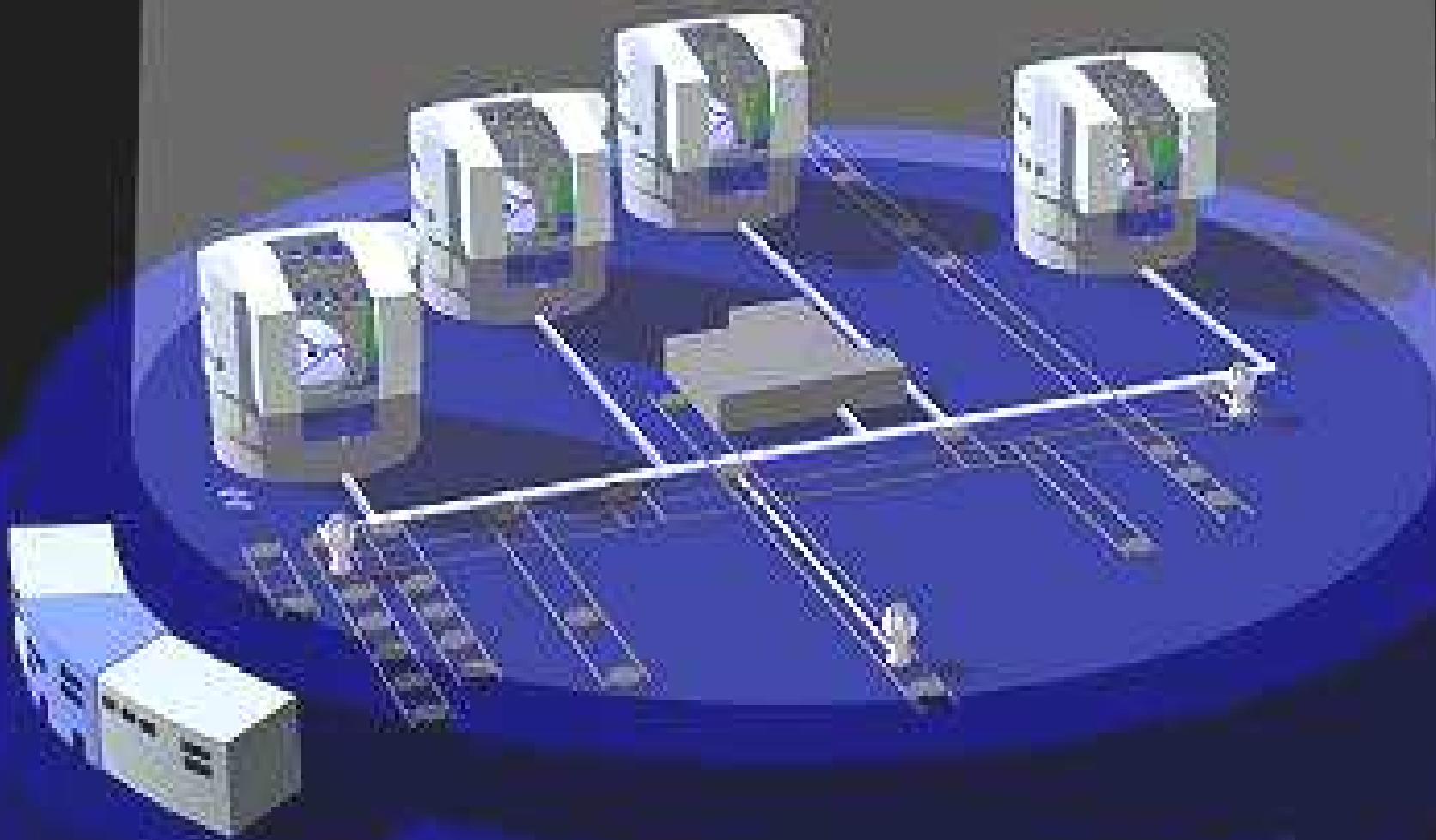
**VLT - lustro zwrotne złożone z wielu elementów
pozwala na tzw. „optykę adaptacyjną” korygującą
zaburzenia czoła fali świetlnej przez naszą atmosferę.**



INTERFEROMETR Z DWÓCH TELESKOPÓW KECK 1 i KECK 2



**UKŁAD INTERFEROMETRÓW NA BAZIE 4-CH VLTs
o średnicy luster 8 metrów każde (Parana, Chile)**

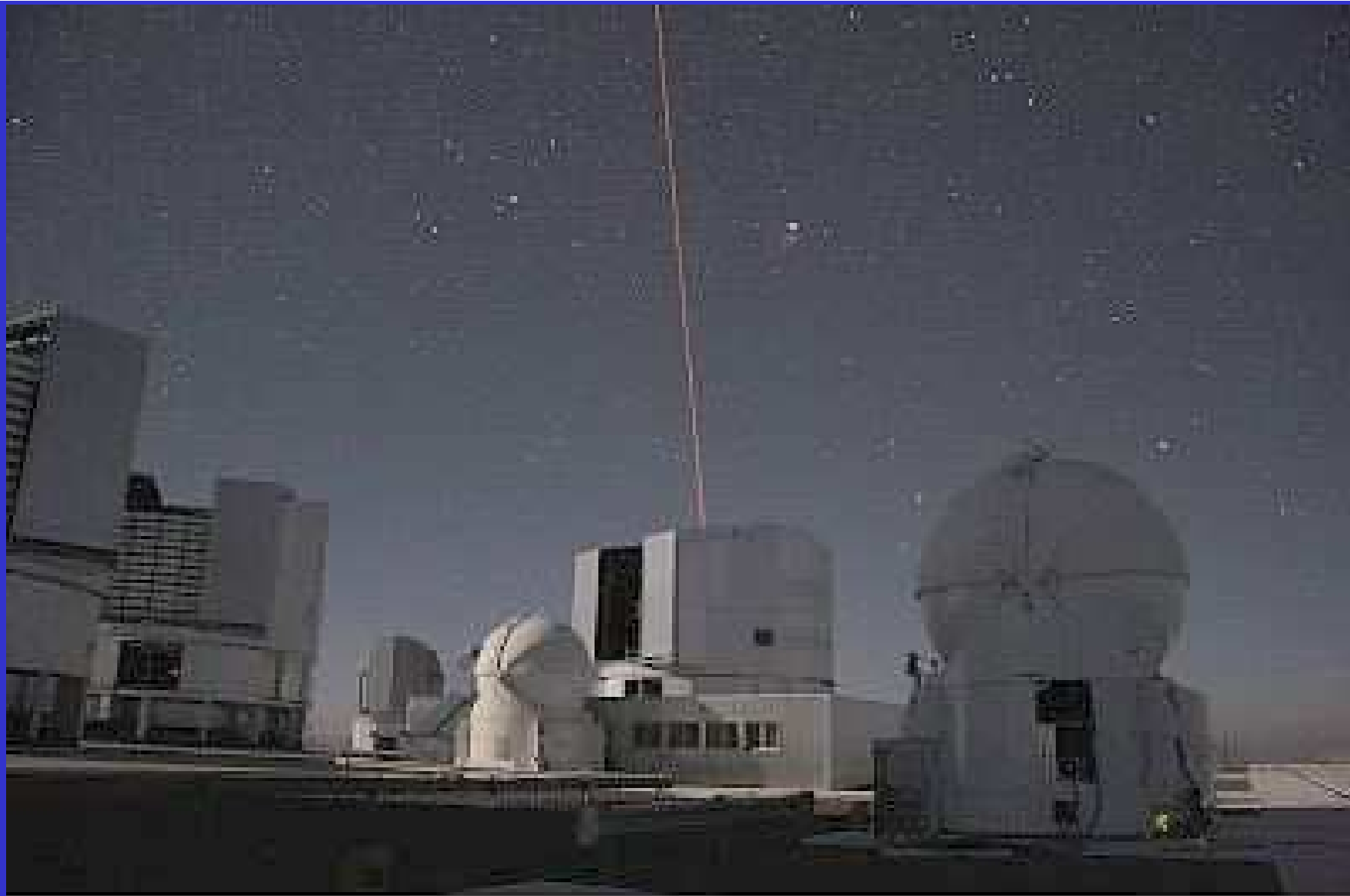




**UKŁAD INTERFEROMETRÓW NA BAZIE 4-CH VLTs
(w budowie 1998 - 2005, Parana Chile)**

**JEDEN Z VLT
W BUDOWIE
(Chile)**





Laserowa „sztuczna gwiazda”





**JESZCZE JEDEN
WIELKI TELESKOP
„GEMINI” O ŚREDICY
8 m. w OBSERWATO-
RIUM W ARIZONIE.
(jego „bliźniak” budu-
je się w Argentynie).**

SALT - Charakterystyka

- Zwierciadło sferyczne sześciokąt 11.1m * 9.8 m
- średnica efektywna 10 m
- 91 identycznych segmentów
- Waga segmentu ok. 100 kg.
- Stałe nachylenie od zenitu 37°
- Ruch jedynie w kącie azymutalnym.



Obserwatorium koło Cape-Town (widok ogólny)



W budowie teleskopu SALT współuczestniczy także Polska. Polscy astronomowie mają więc zagwarantowane prawo do części czasu obserwacyjnego na tym urządzeniu.

Kopuła SALT

LARGE BINOCULAR TELESCOPE



LBT Telescope structure design
Corrado Pesca, ADS Italia
June 1997

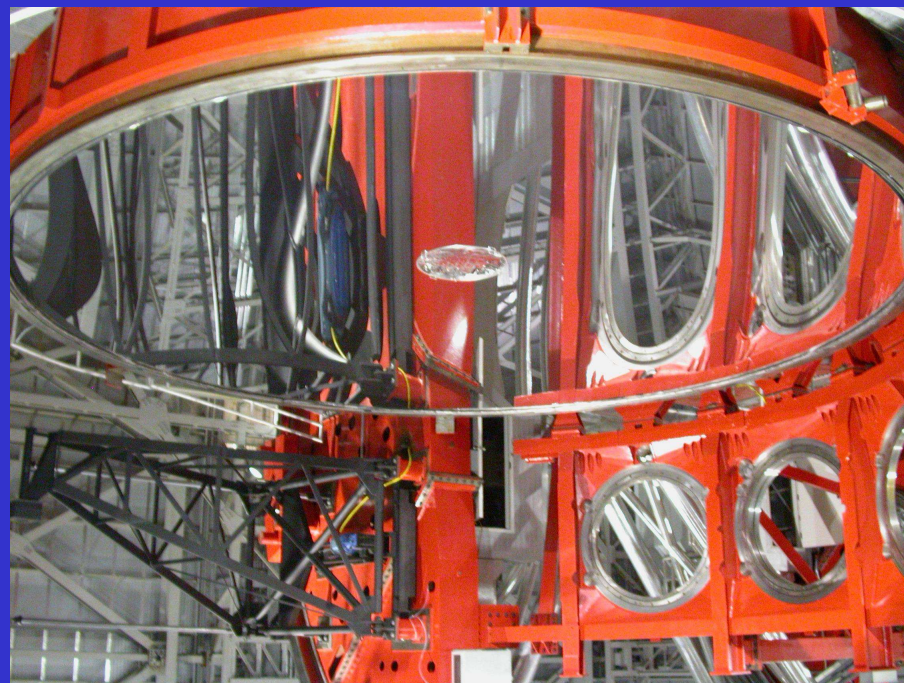


LBT Telescope erected in Milan
Photo by J. M. Hill
June 2001



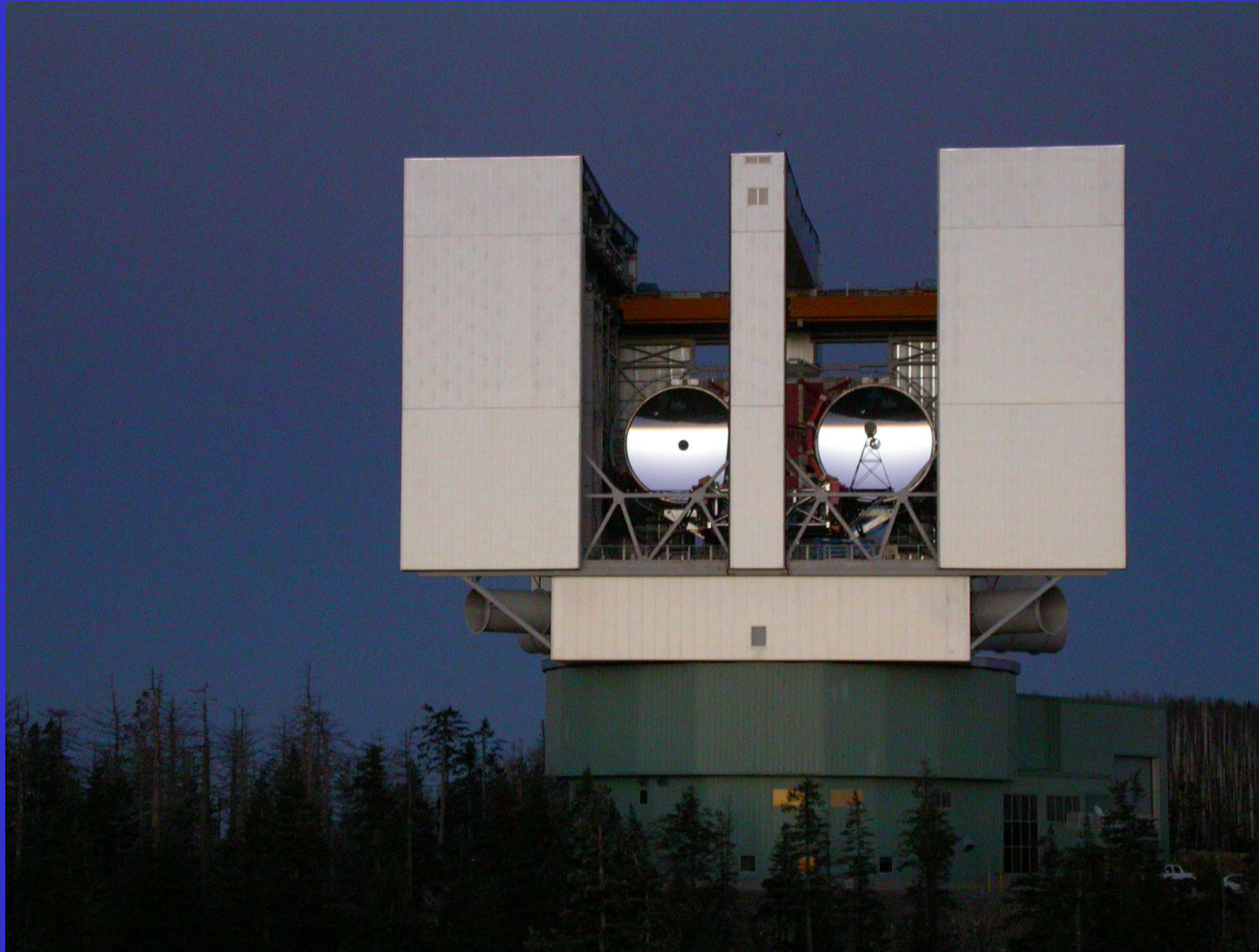
LBT Telescope on Mt. Graham
Photo by Wiphu Rujopakarn
January 2007

SCHEMAT
OGÓLNY



8 m. LUSTRO

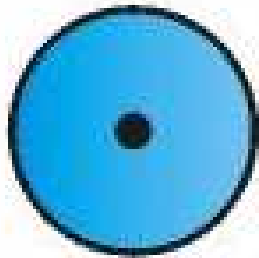
LARGE BINOCULAR TELESCOPE



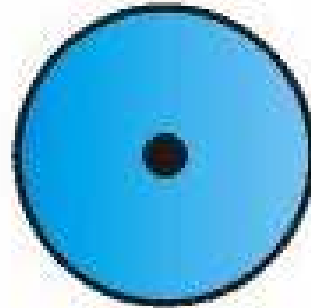
NAJWIĘKSZE OBECNIE TELESKOPY NAZIEMNE

Apertura (m)	Nazwa	Lokalizacja
2x10.0	Keck	Mauna Kea, Hawaii
-10	SALT	South African Astronomical Observatory
9.2	Hobby-Eberly	Mt. Fowlkes, Texas
8.3	Subaru	Mauna Kea, Hawaii
4x8.2	VLT	Cerro Paranal, Chile
8.1	Gemini North	Mauna Kea, Hawaii
	Gemini South	Cerro Pachon, Chile
6.5	MMT	Mt. Hopkins, Arizona
	Magellan	Las Campanas, Chile
6.0	Bolshoi Teleskop Azimutalny	Nizhny Arkhyz, Rosja
	LZT	British Columbia, Canada
5.0	Hale	Palomar Mountain, California

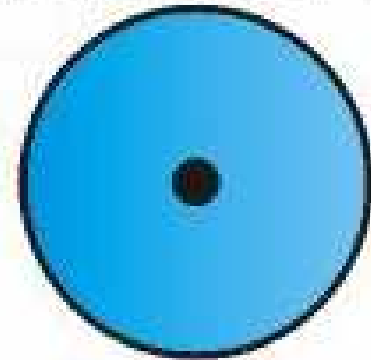
WORLD'S LARGEST OPTICAL TELESCOPES



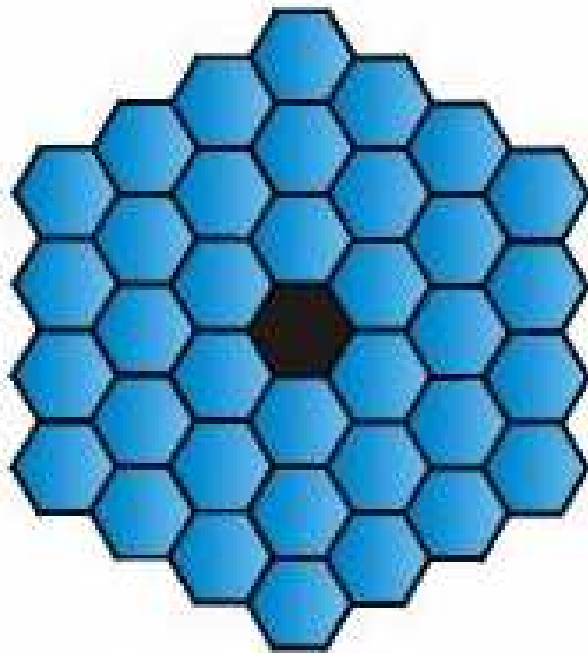
Herschel 4.2m



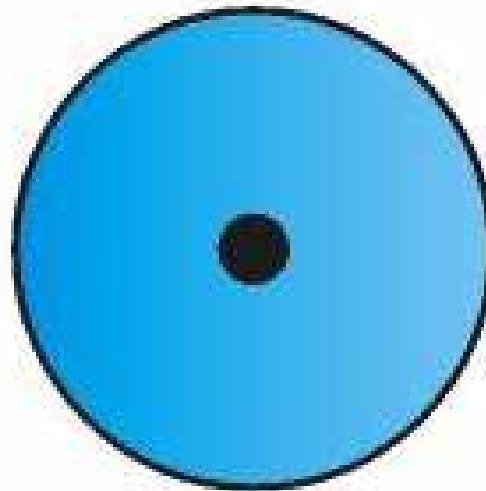
Palomar 5m



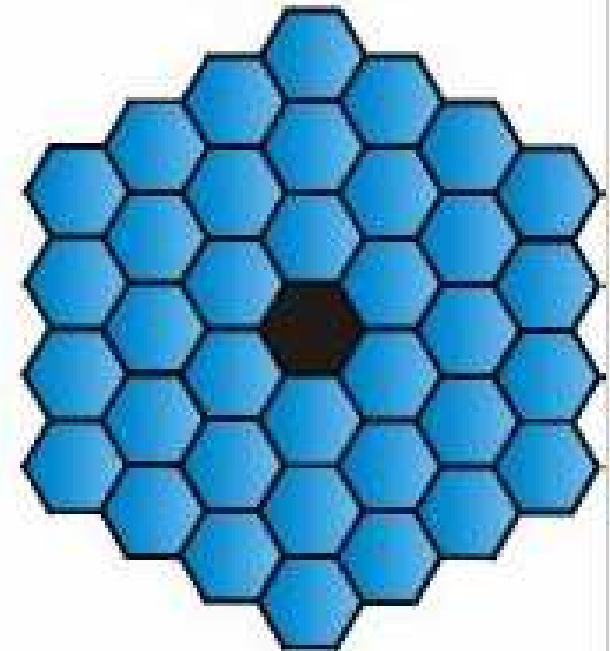
Russian 6m



Keck I 10m



VLT 8.2m



Keck II 10m

Central mirror holes not shown to scale

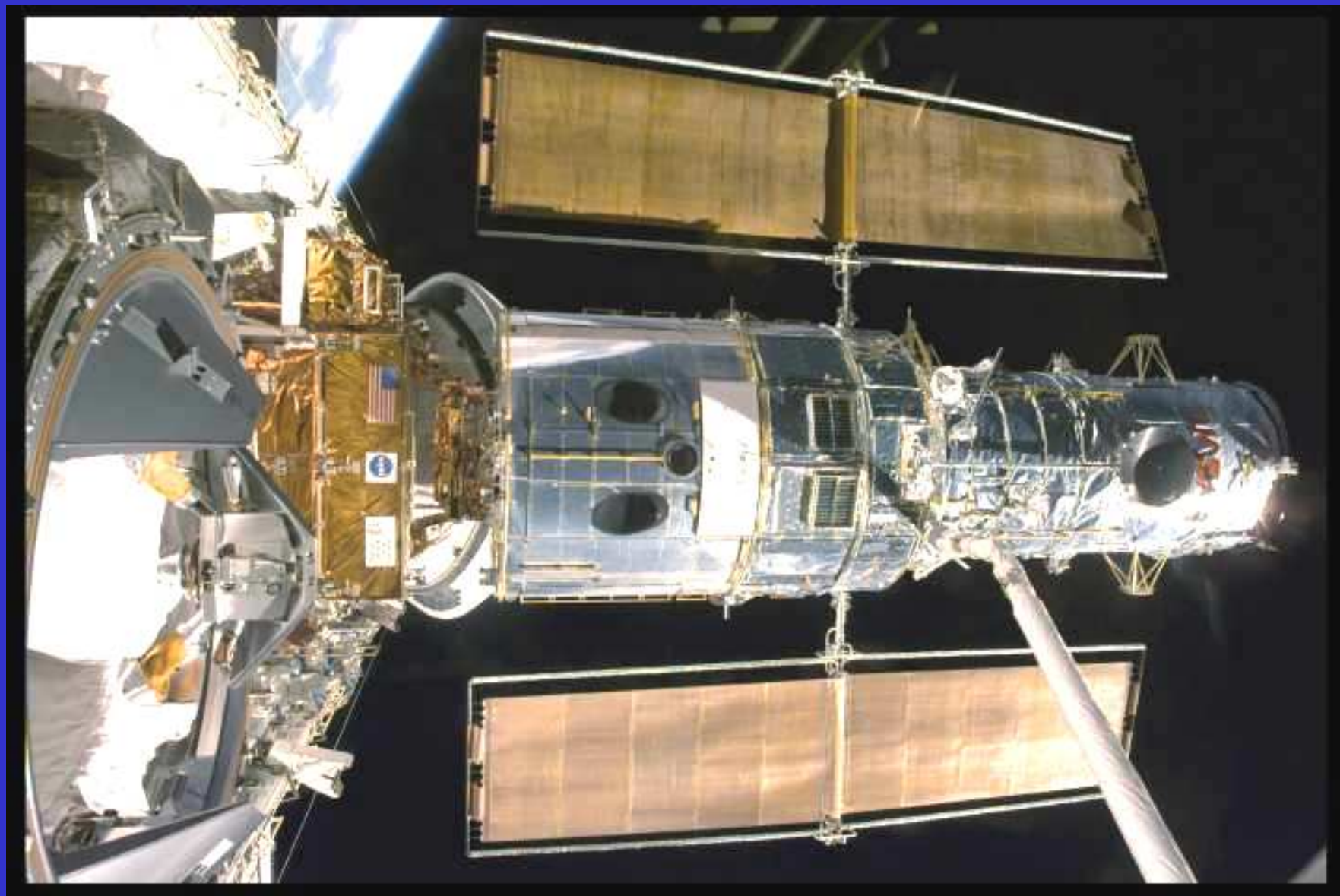
© W.M. Keck Observatory

ORBITALNY TELESKOP HUBBLE'A

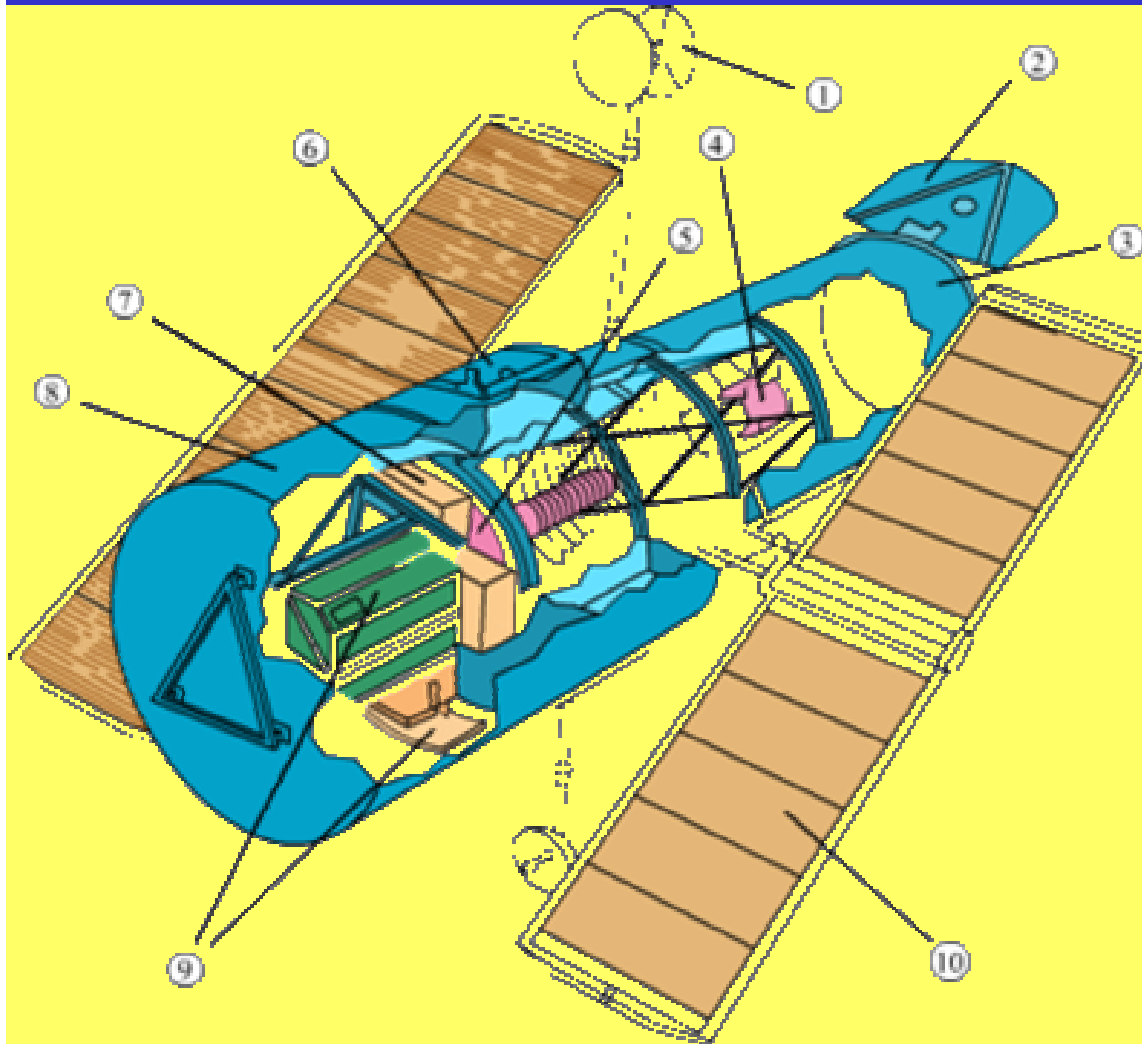
Kosmiczny Teleskop Hubble'a znalazł się na ziemskiej orbicie na wysokości 600 km nad Ziemią 25 kwietnia 1990 r. Waży 12,5 tony, jego zwierciadło ma średnicę 2,4 metra i chociaż jest mikrusem przy największych ziemskich teleskopach, to mimo to widzi nawet dziesięć razy lepiej i dalej od nich.



ORBITALNY TELESKOP HUBBLE'A



ORBITALNY TELESKOP HUBBLE'A (schemat budowy)



- (1) Antena komunikacyjna
- (2) Kłapa
- (3) Osłona przed światłem
- (4) Drugie lustro
- (5) Główne lustro
- (6) Sekcja narzędziowa
- (7) Fine-guidance optical control sensors [3]
- (8) Osłona rufowa
- (9) Moduły naukowe
- (10) Podwójny panel baterii słonecznych

GŁÓWNE ZWIERCIADŁO TELESKOPU HUBBLE'A



Początek pracy kosmicznego teleskopu był jednak pewnym falstartem. Okazało się, że jego zwierciadło miało złą krzywiznę - teleskop widział nieostro. Dopiero w 1993 r. nałożono mu korekcyjne "okulary". Potem jeszcze dwukrotnie reperowano go na orbicie.

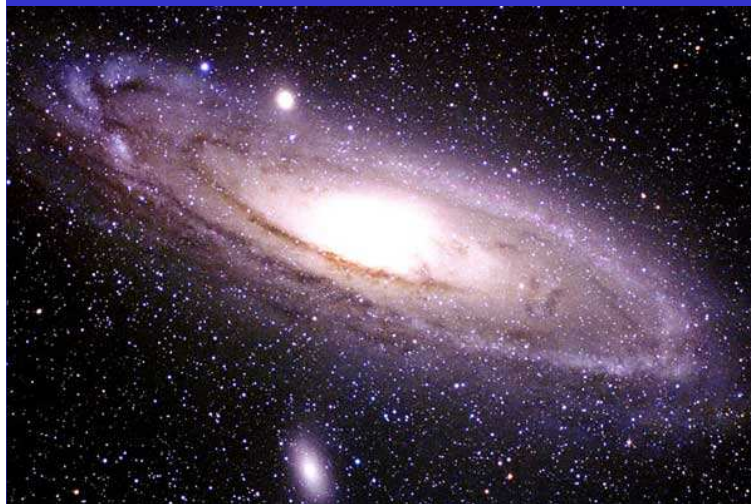


Przed korektą



Po korekcie

OBRAZY OBIEKTÓW KOSMICZNYCH WIDZIANE W RÓŻNYCH ZAKRESACH FAL WYGLĄDAJĄ BARDZO RÓŻNIE.



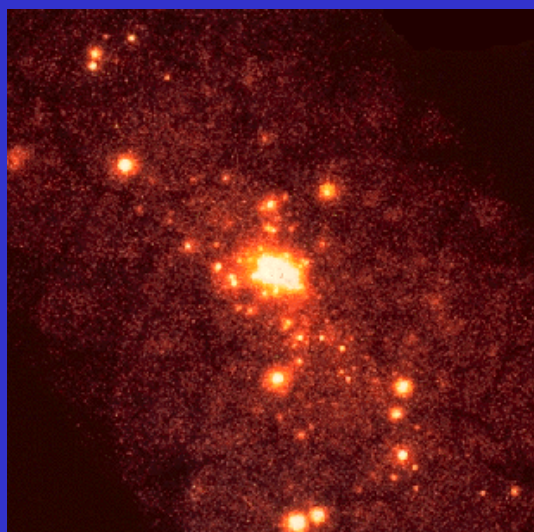
ZAKRES WIDZIALNY



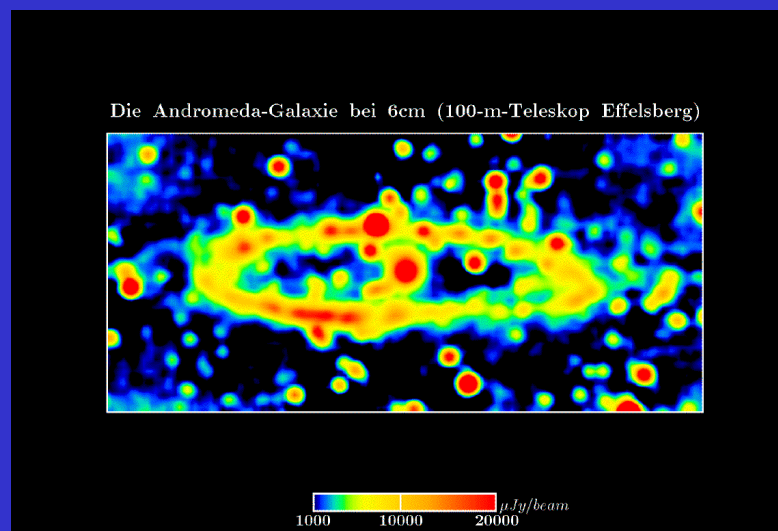
ULTRAFIOLET



PODCZERWIĘĆ



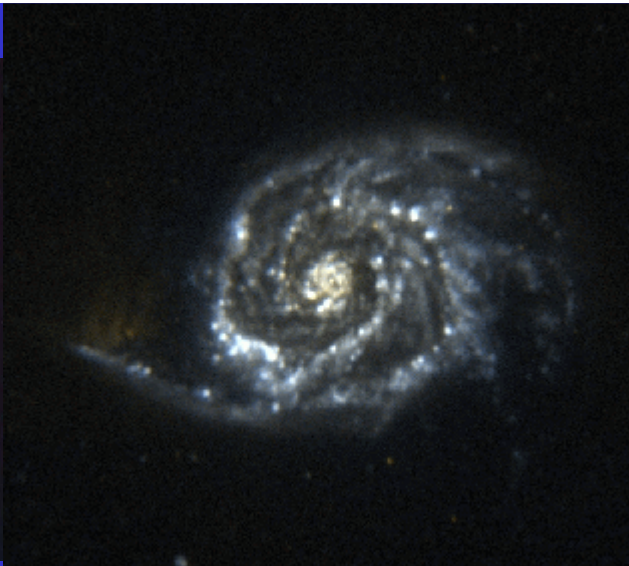
ZAKRES X



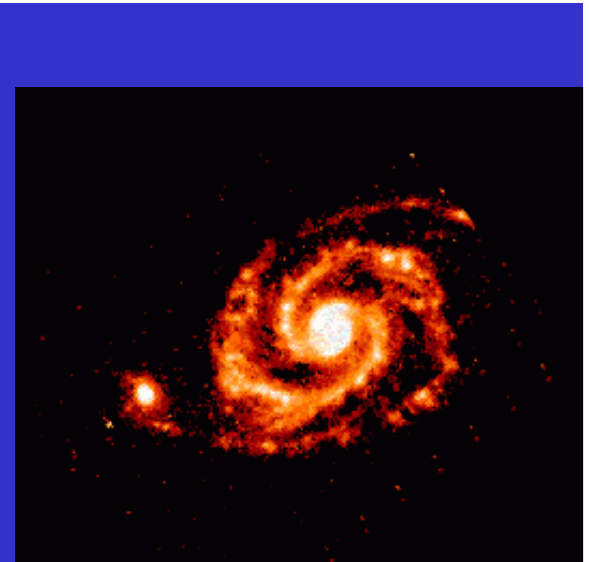
ZAKRES RADIOWY



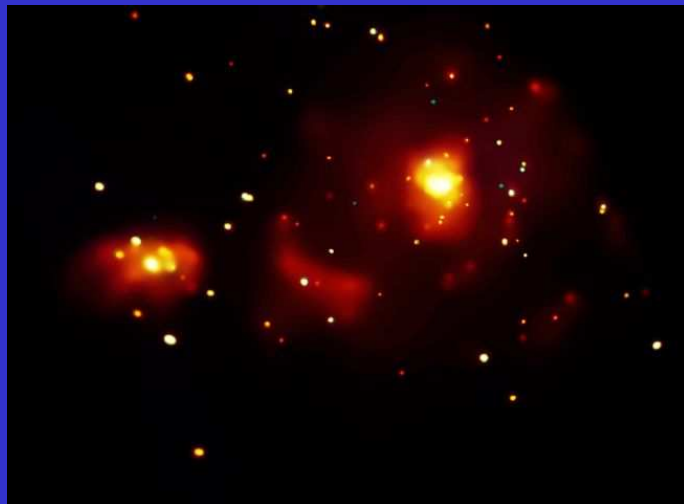
ZAKRES WIDZIALNY



ULTRAFIOLET

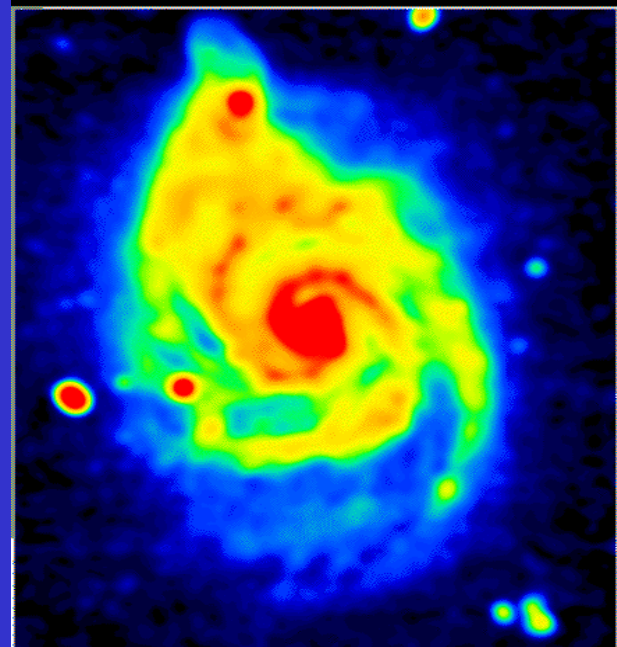


PODCZERWIĘŃ



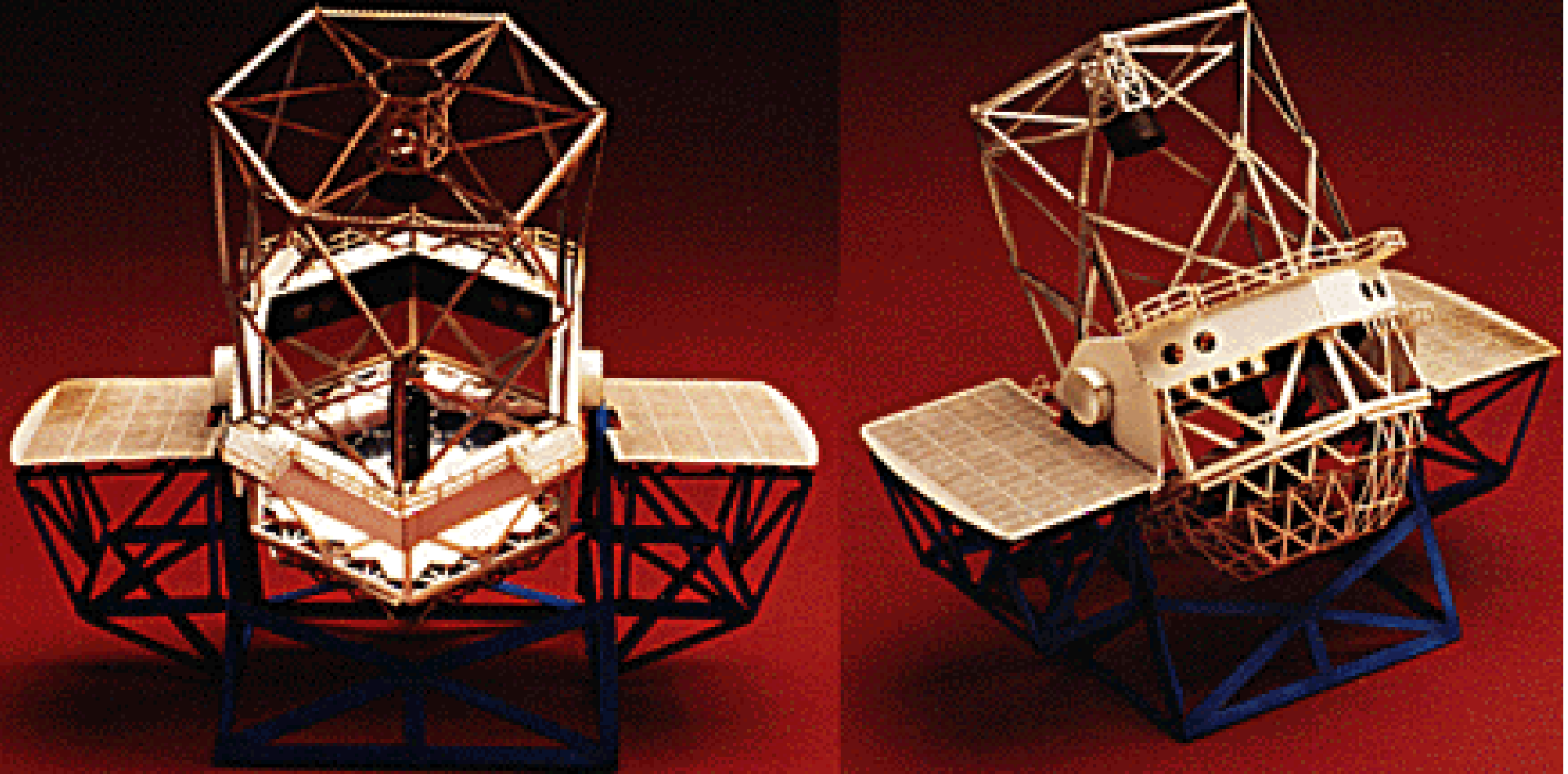
ZAKRES X

M51 20cm Total Intensity (VLA)



ZAKRES RADIOWY

**TELESKOPY GENERACJI XXI w. OTWORZĄ ZAPEWNE
NOWE MOŻLIWOŚCI PRZED ASTRONOMIĄ I POZWOLĄ
„SIĘGAĆ TAM GDZIE WZROK NIE SIĘGA”.**



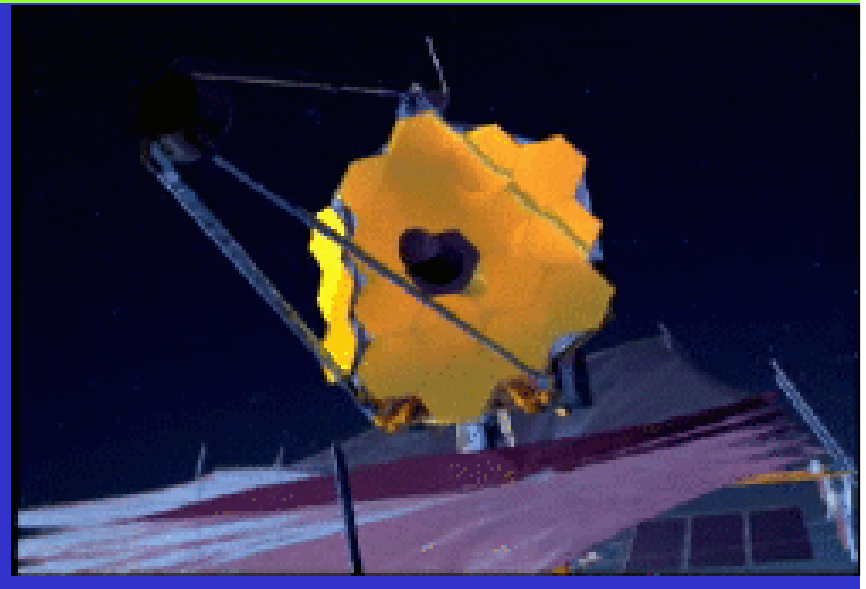
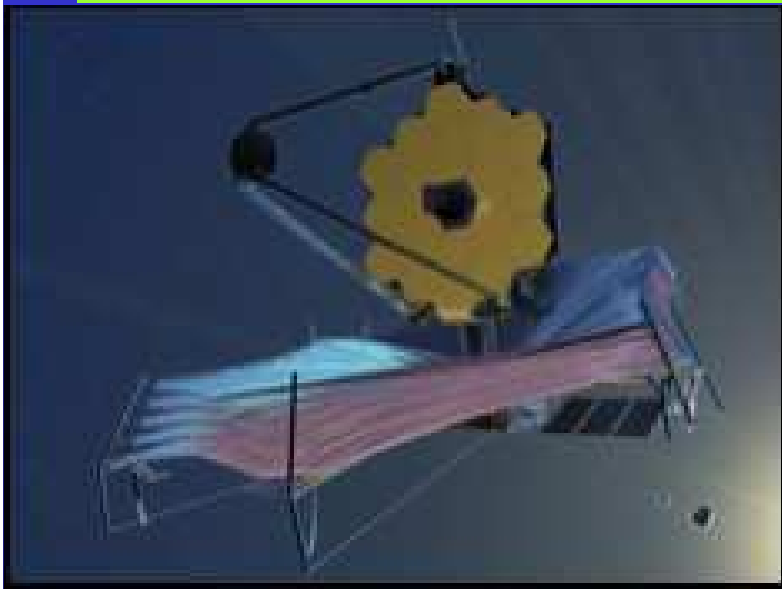
**OTO KILKA PRZYKŁADOWYCH PLANÓW
NA NAJBLIŻSZE DWIE DEKADY:**

1. Teleskop Kosmiczny Nowej Generacji

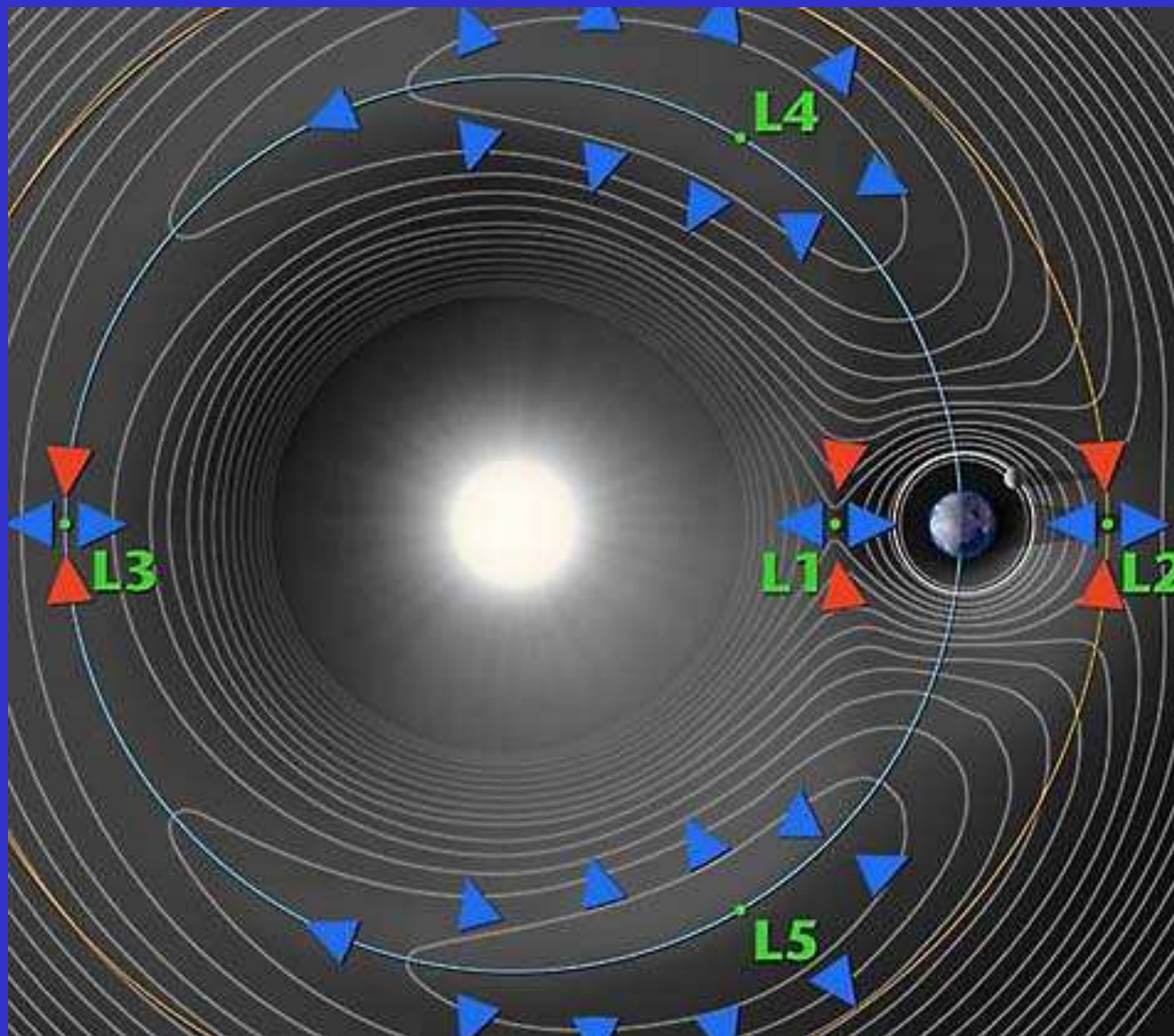
Średnica lustra głównego - ok. 8 m.

Zdolność rozdzielcza 10 razy lepsza od obecnego orbitalnego teleskopu Hubble'a.

Przeznaczony do badań najodleglejszych galaktyk, ewolucji gwiazd oraz poszukiwań planet wokół innych gwiazd.



**NOWY TELESKOP KOSMICZNY UMIESZCZONY
BĘDZIE W PUNKCIE LAGRANGE'A L2 UKŁADU
ZIEMIA - SŁOŃCE.**



2. WIELKIE OPTYCZNE TELESKOPY NAZIEMNE

GSMT o średnicy lustra głównego (segmentowanego) - 30 m.

W dalszych planach rozważa się teleskopy giganty o średnicach 50 m a nawet 100 m. oraz różne układy interferometryczne oparte na takich teleskopach.

3. SZUKACZ PLANET ZIEMIOPODOBNYCH

Kosmiczny Interferometr Optyczny - SIM - [Space Interferometry Mission.]



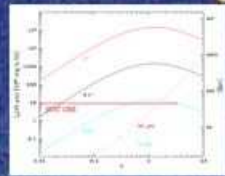
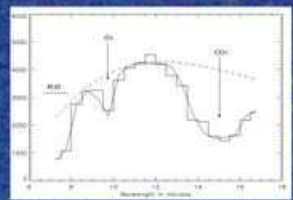
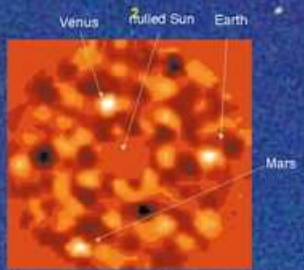
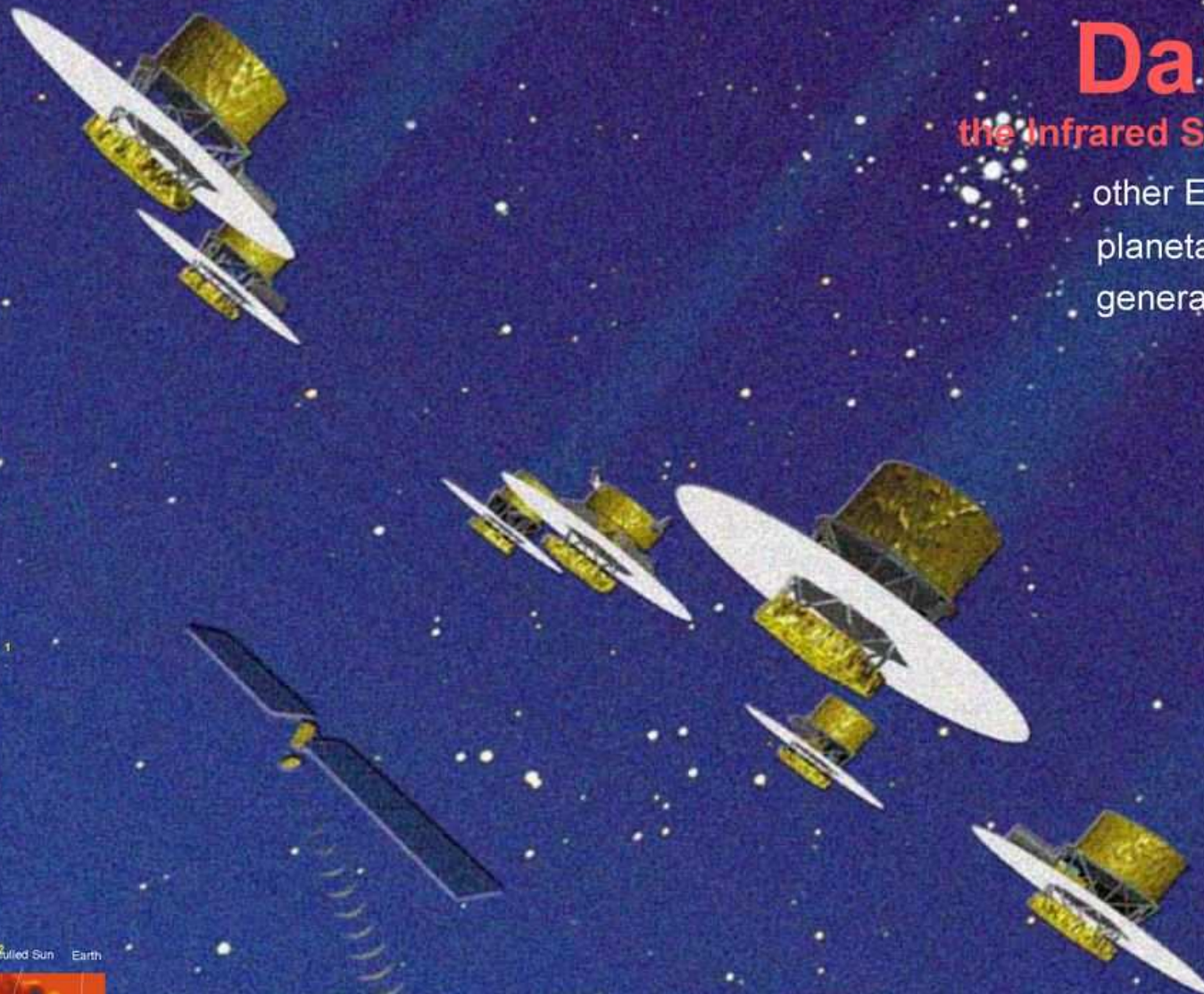
*Searching for
New Worlds...*

*...and Taking the
Measure of the Universe*

Darwin

the Infrared Space Interferometer

other Earths and signs of life
planetary systems science
general astrophysics



April 2002



<http://sci.esa.int/home/darwin>
Study manager: anders.karlsson@esa.int
Study scientist: malcolm.fridlund@esa.int
Acknowledgements for pictures and figures:
Alcatel; Guiderdoni et al; Mennesson & Muziotti



KONIEC

**J. Sikorski, IFD
Uniwersytet Gdański**