

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Κοσμάς Γαζέας

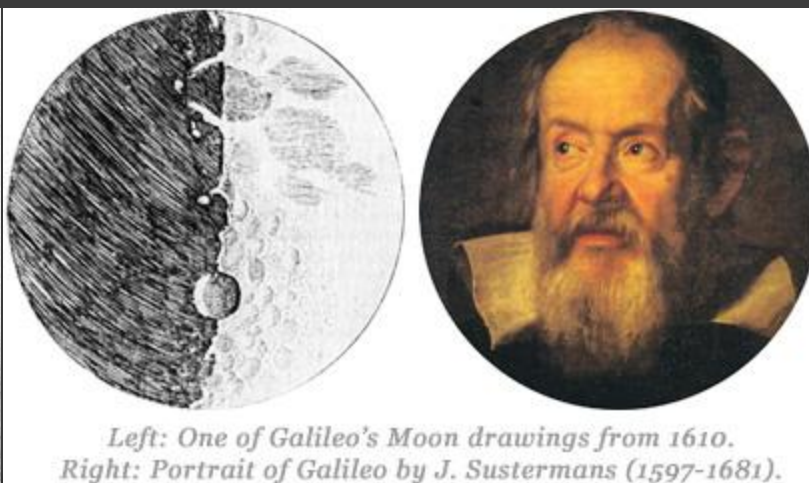
ΟΠΤΙΚΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

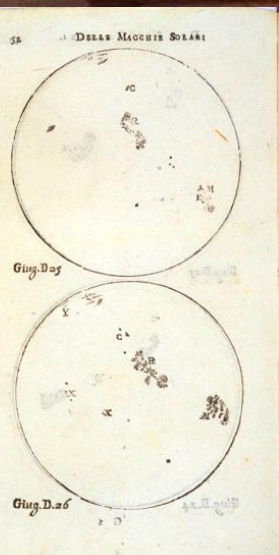
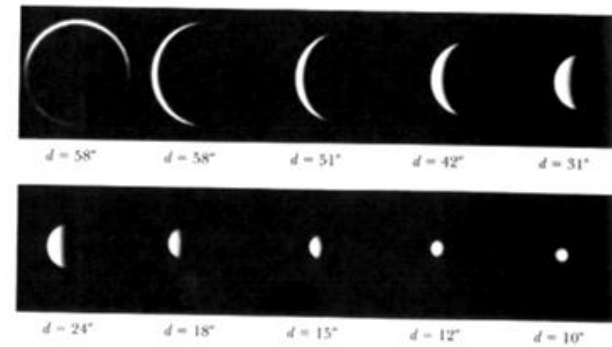
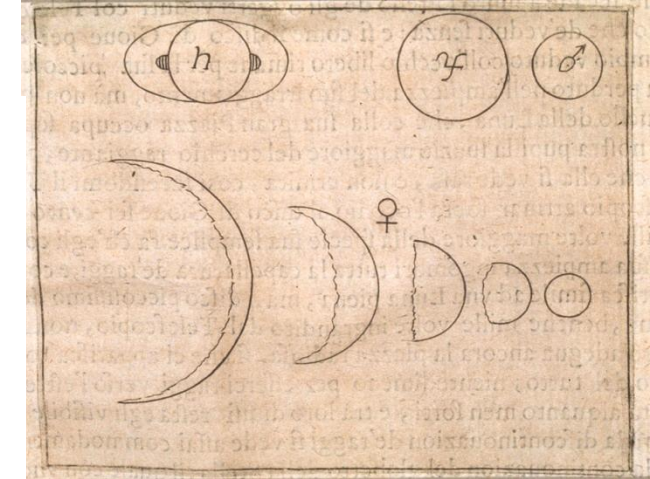
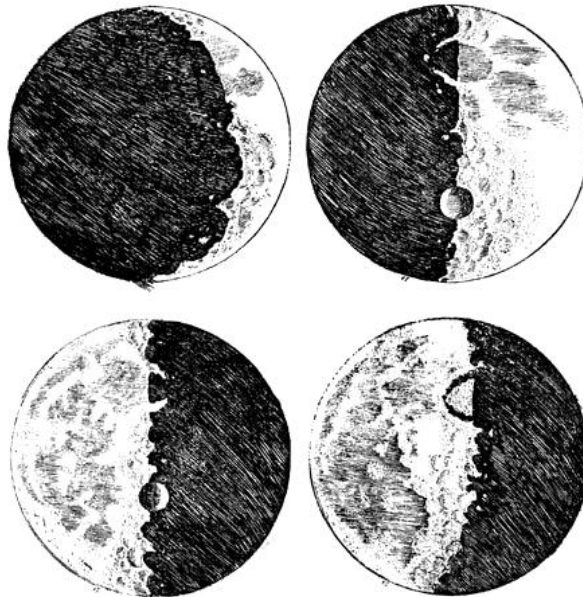


Κεφάλαιο 1

• Εισαγωγή

- Οι φακοί ήταν γνωστοί από την αρχαιότητα
- Οι πρώτες χρήσεις των φακών ήταν για την ανάφλεξη υλικών
- Χρησιμοποιήθηκαν για να διορθώσουν την όραση (13^{ος} -16^{ος} αι. μ.Χ.)
- Η κατασκευή του τηλεσκοπίου έγινε (μάλλον) το 1608 μ.Χ. από τον Ολλανδό οπτικό Hans Lipperhey.
- Ο Galileo Galilei κατασκεύασε τους δικούς του φακούς και το πρώτο **αστρονομικό** τηλεσκόπιο το 1609 μ.Χ.



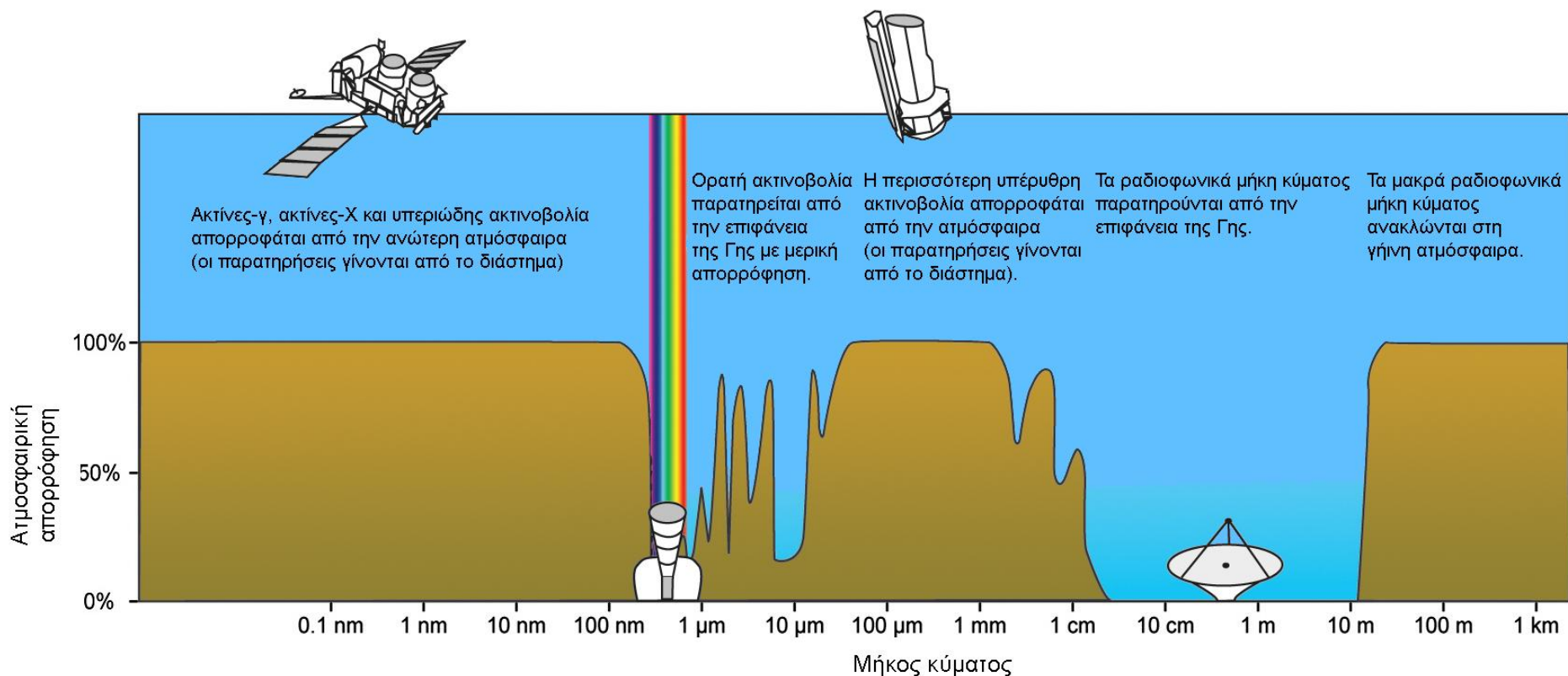


Observations de Mars

2. Mars	0 **
30. Mars	** 0 *
2. Mars	0 ** *
3. Mars	0 * *
3. Mars	* 0 *
4. Mars	* 0 **
6. Mars	** 0 *
8. Mars H. 13.	* * * 0
10. Mars	* * * 0 *
11.	* * 0 *
12. H. 4. Mars	* 0 *
13. Mars	* * 0 *
14. Mars	* * * 0 *

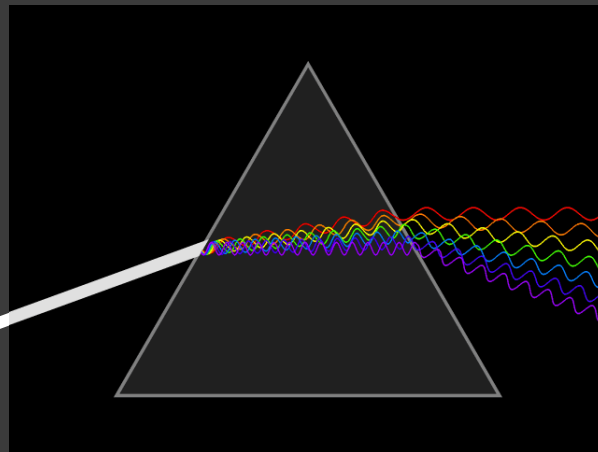


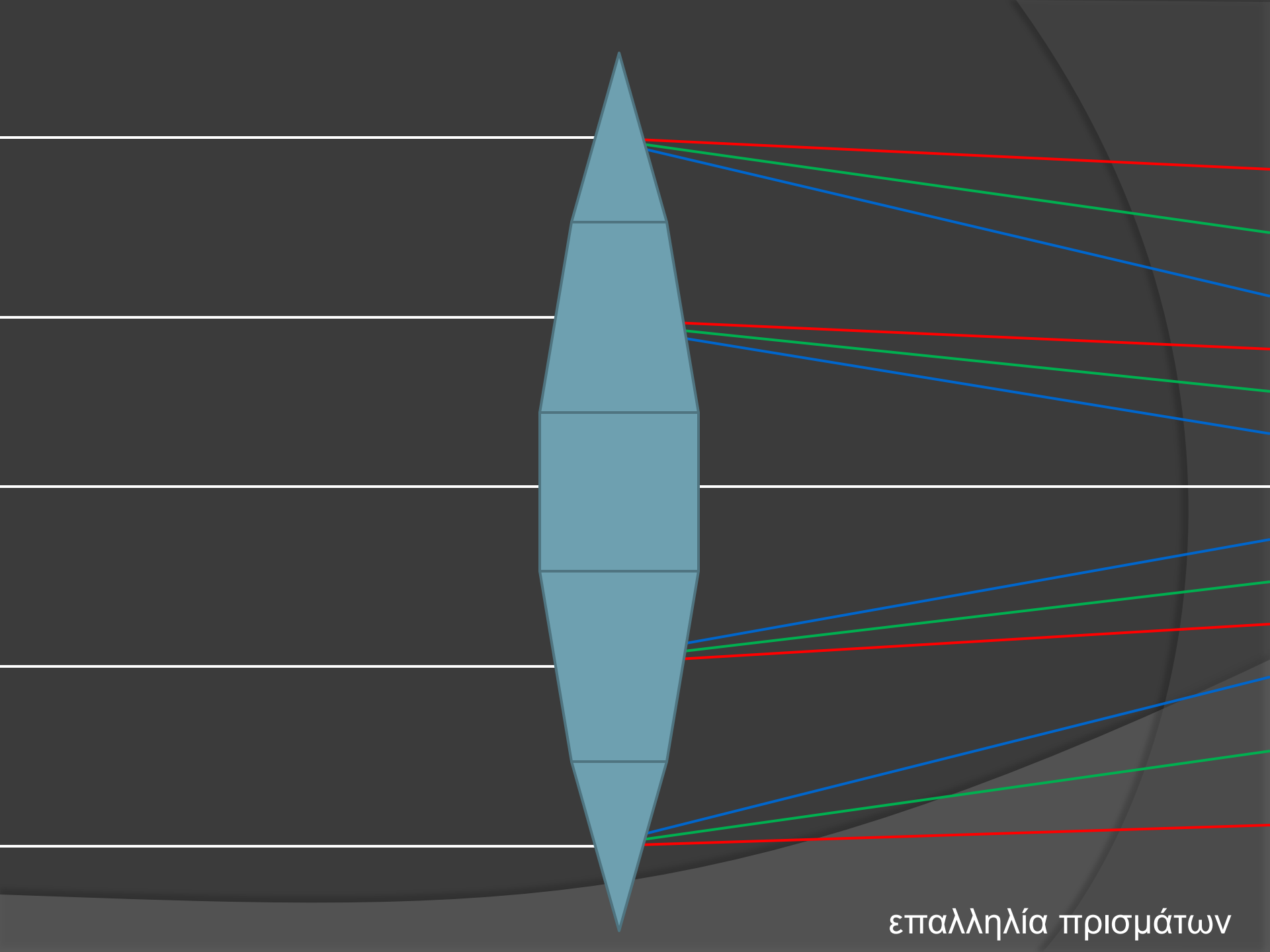
- Παρατηρήσεις από τη Γη και από το διάστημα



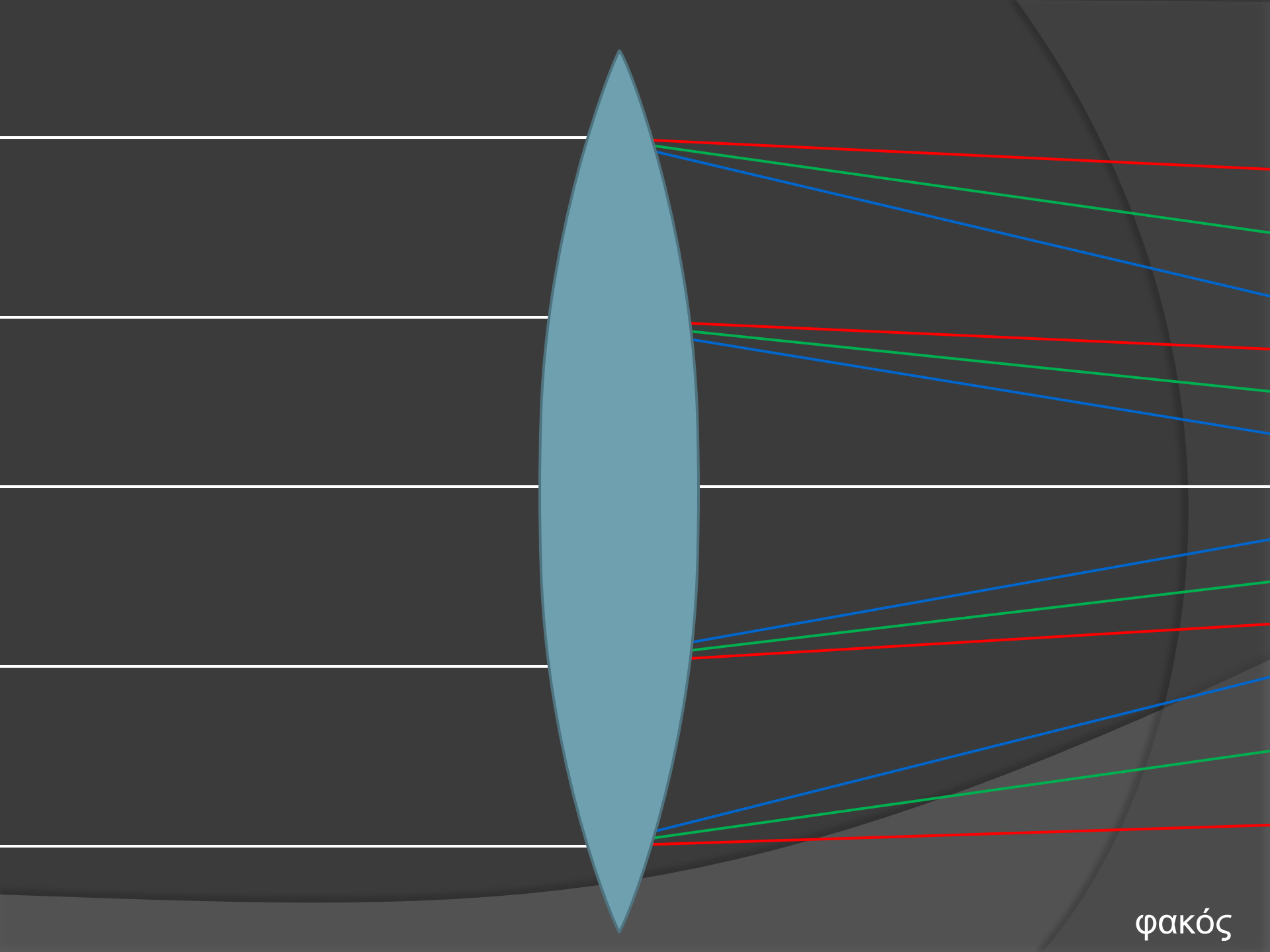
Κεφάλαιο 2

- Η συλλεκτική ικανότητα των τηλεσκοπίων

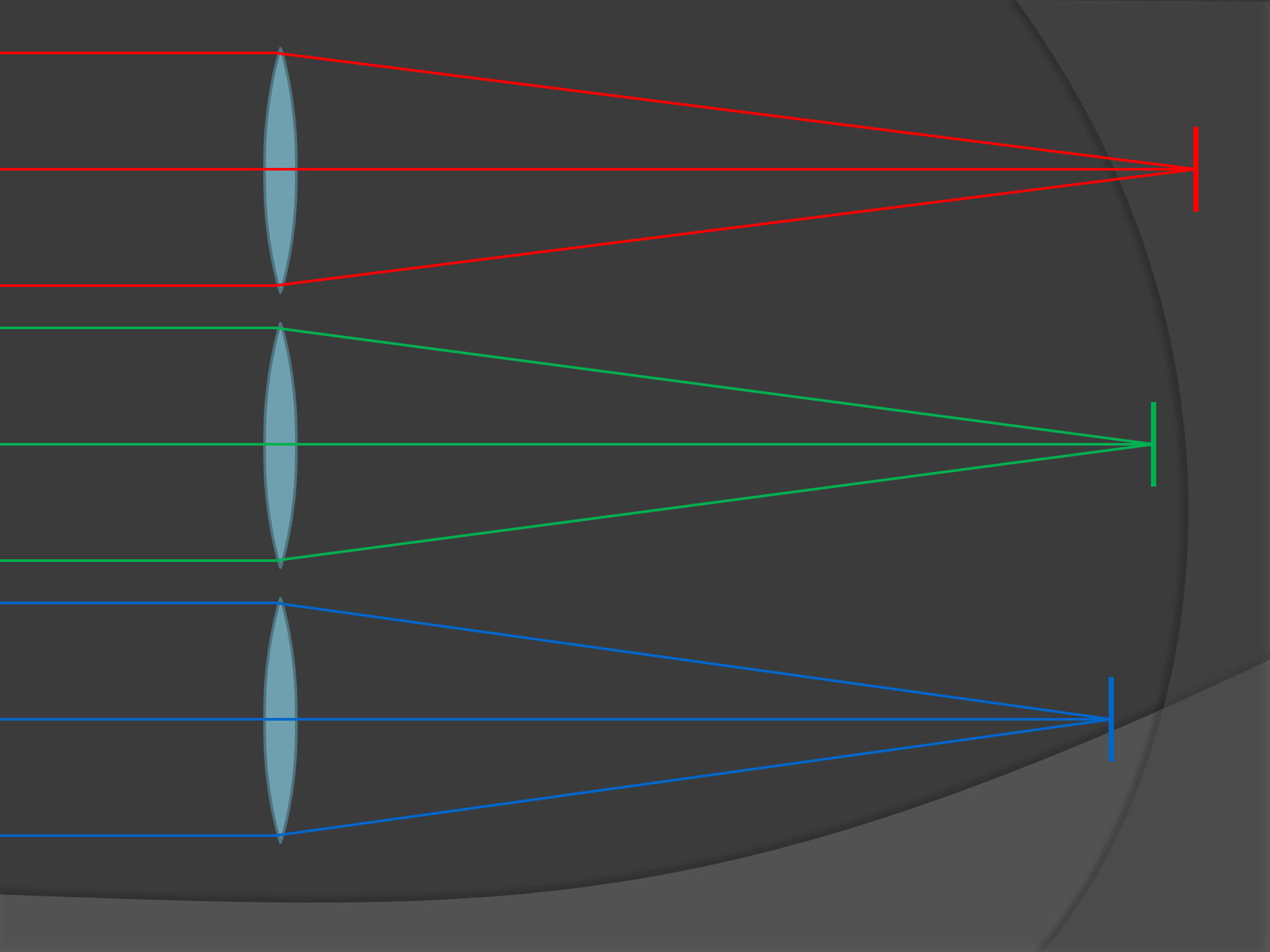




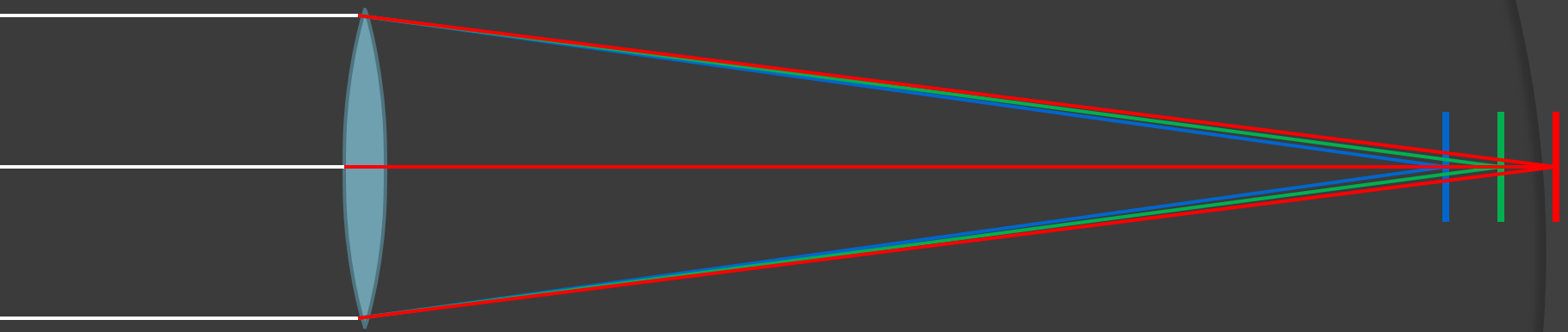
επαλληλία πρισμάτων



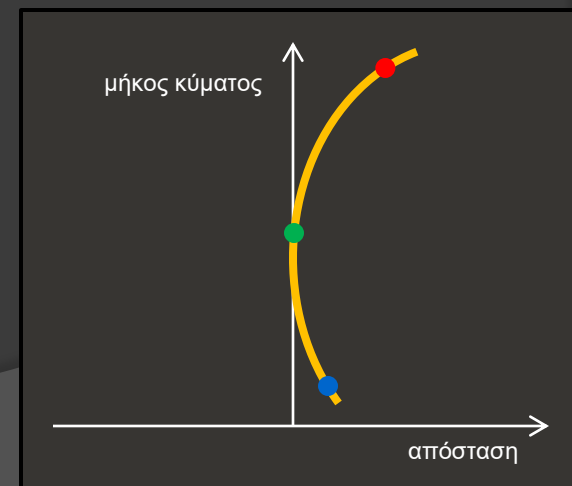
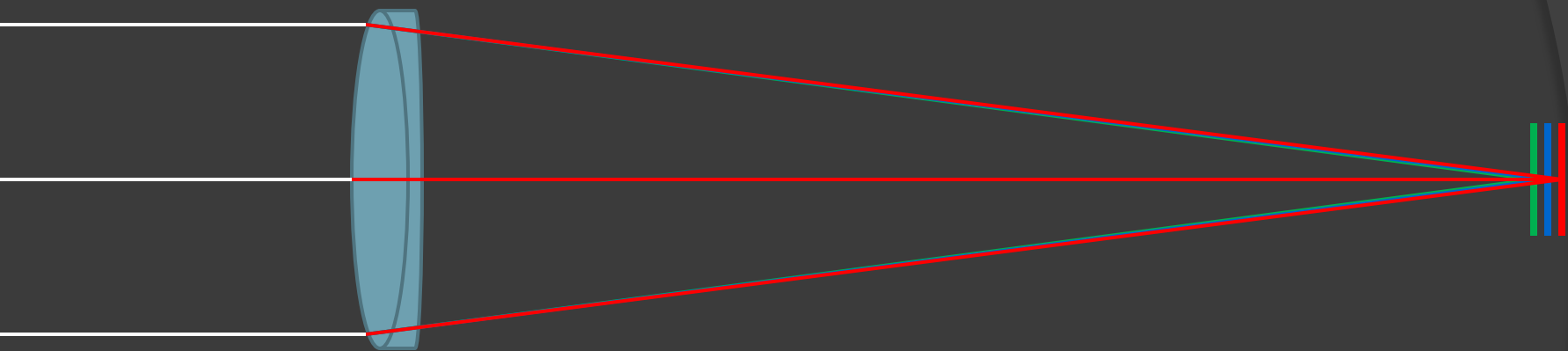
φακός



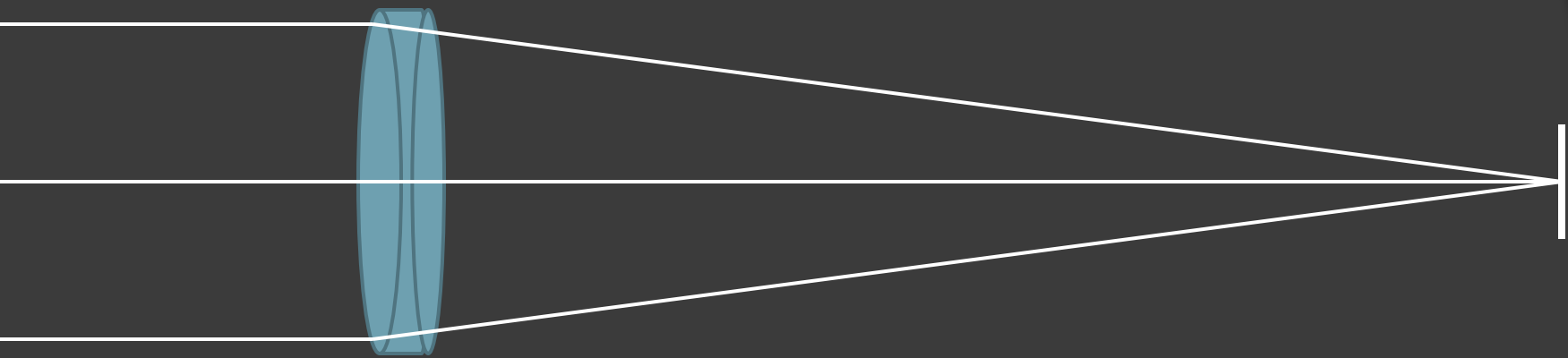
- Απλός φακός (χρωματικό σφάλμα)



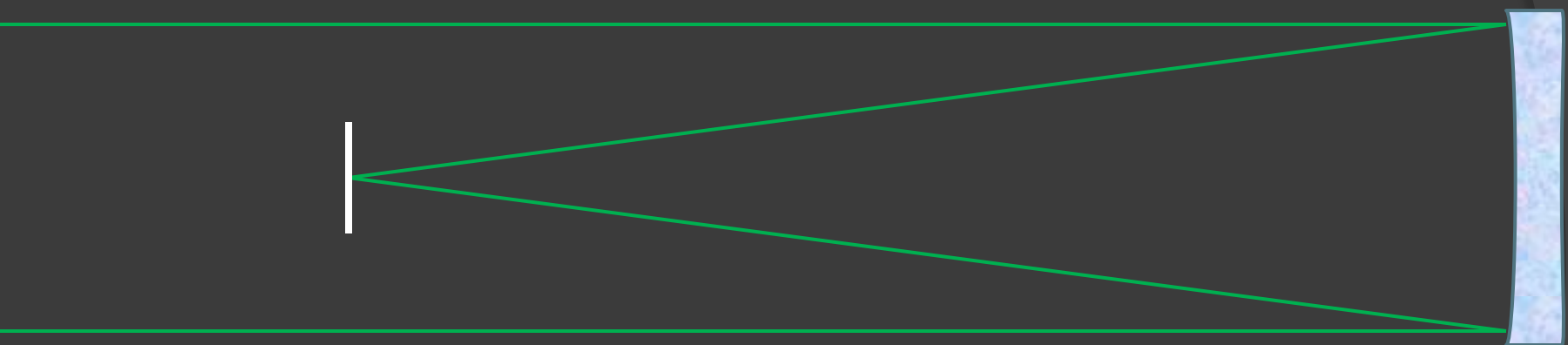
- Διπλός φακός (αχρωματικό σύστημα)



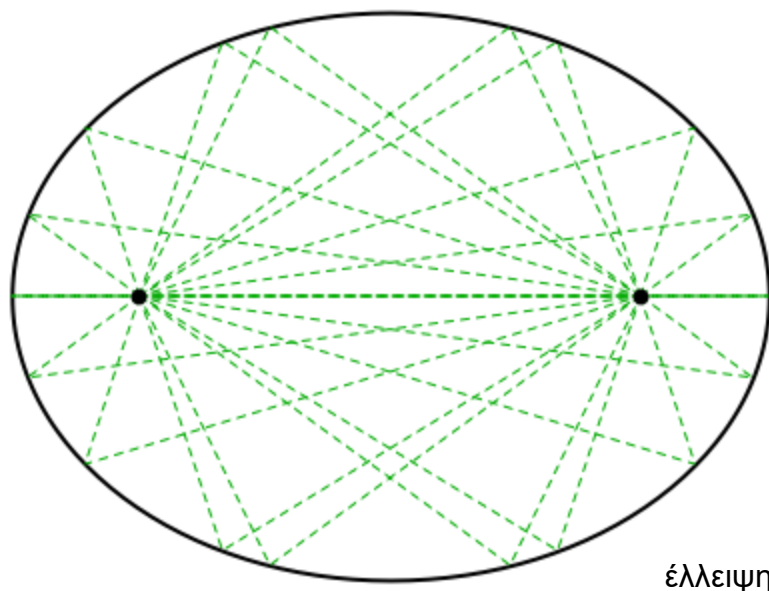
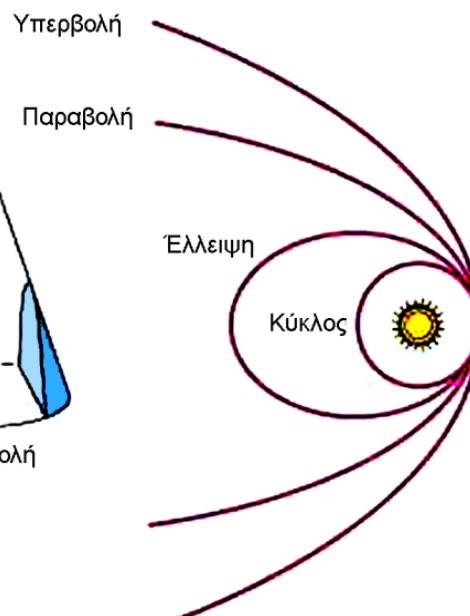
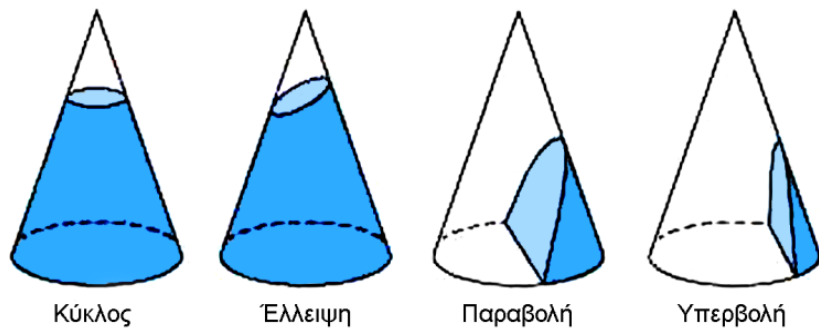
- Τριπλός φακός (αποχρωματικό σύστημα)



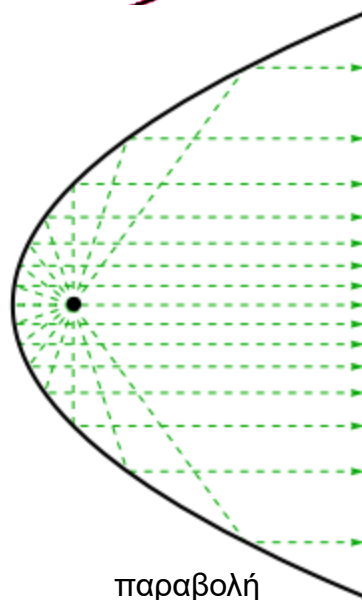
- Σύγκλιση του φωτός με κάτοπτρο



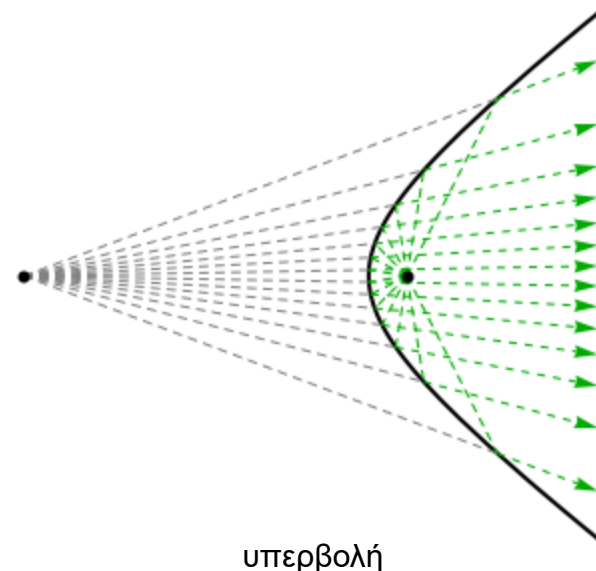
• Κωνικές τομές



έλλειψη



παραβολή



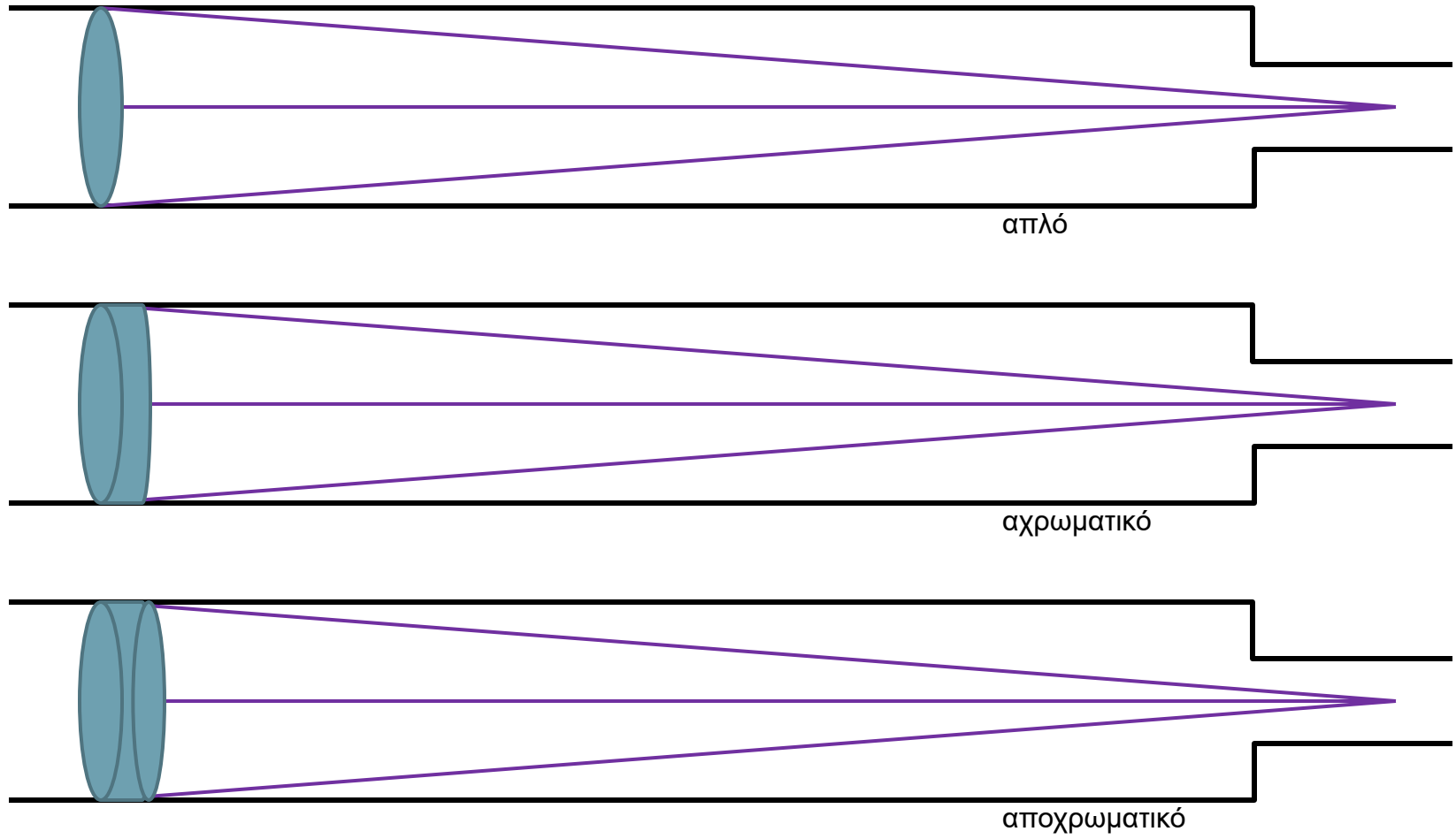
υπερβολή

Κεφάλαιο 3

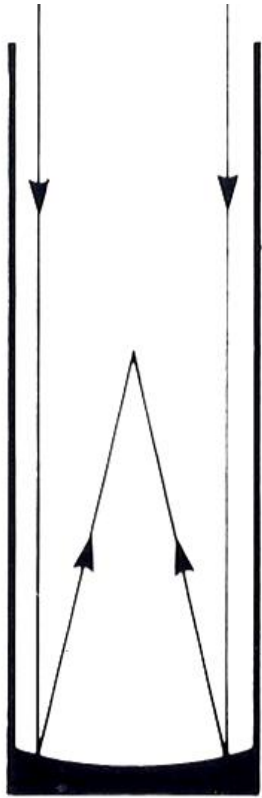
- Κατηγορίες τηλεσκοπίων

- 1) Διοπτρικά (αντικειμενικός φακός)
- 2) Κατοπτρικά (πρωτεύον κάτοπτρο)
- 3) Καταδιοπτρικά (συνδυασμός των δύο πρώτων)

- Διοπτρικά τηλεσκόπια

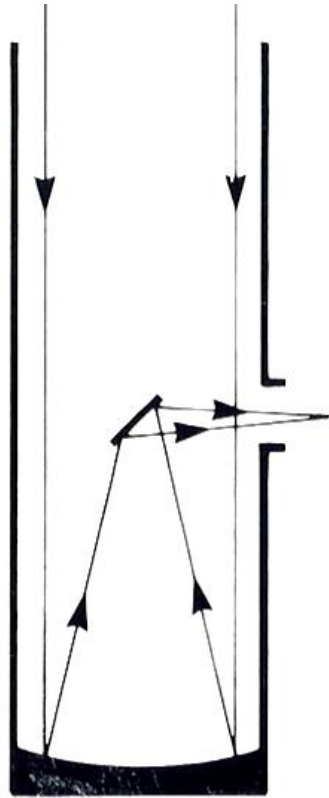


• Κατοπτρικά τηλεσκόπια



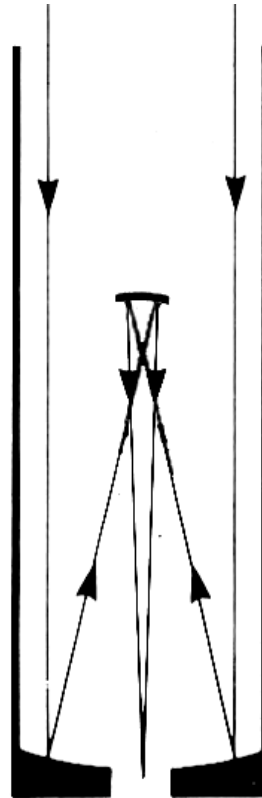
κύρια εστία

κοίλο παραβολοειδές



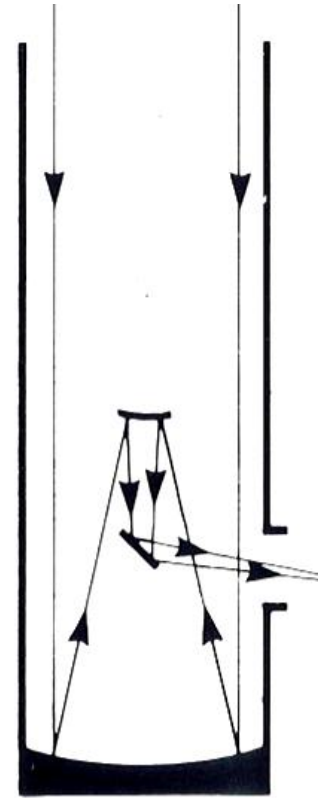
Newton

επίπεδο
κοίλο παραβολοειδές



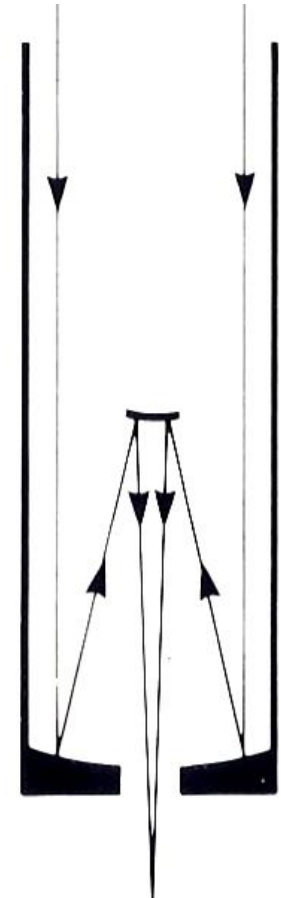
Gregory

κοίλο ελλειψοειδές
κοίλο παραβολοειδές



Coudé/Nasmyth

επίπεδο
κυρτό υπερβολοειδές
κοίλο παραβολοειδές



Cassegrain

κυρτό υπερβολοειδές
κοίλο παραβολοειδές

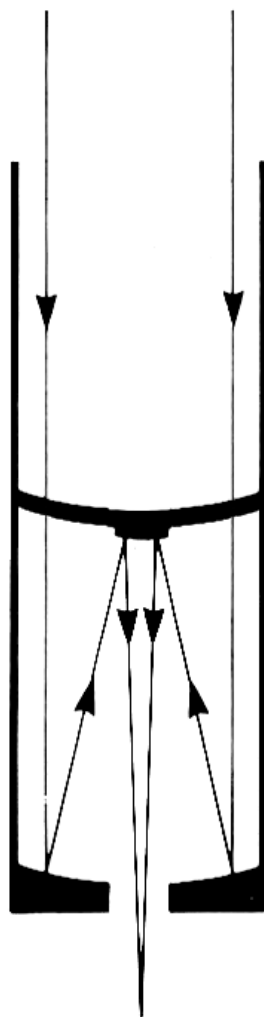
κυρτό σφαιρικό
κοίλο ελλειψοειδές

Ritchey Chrétien

κυρτό υπερβολοειδές
κοίλο υπερβολοειδές

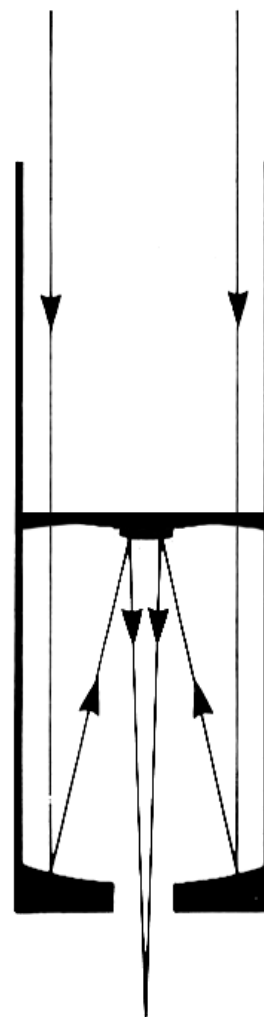
- Καταδιοπτρικά τηλεσκόπια

Maksutov-Cassegrain



διορθωτικός μηνίσκος Maksutov
κυρτό ασφαιρικό
κοίλο σφαιρικό

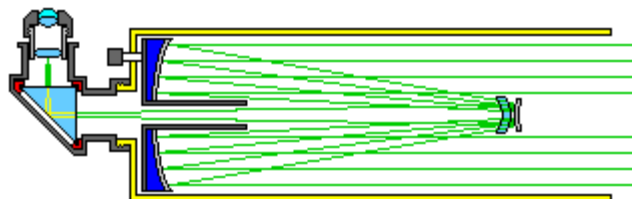
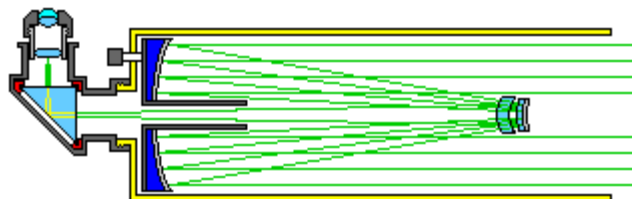
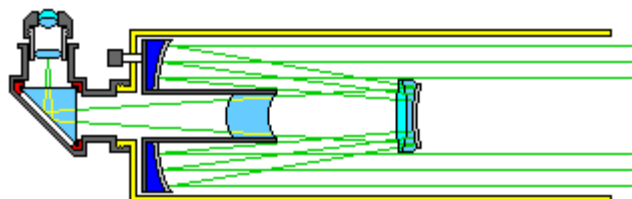
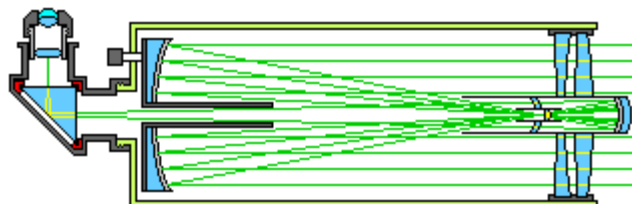
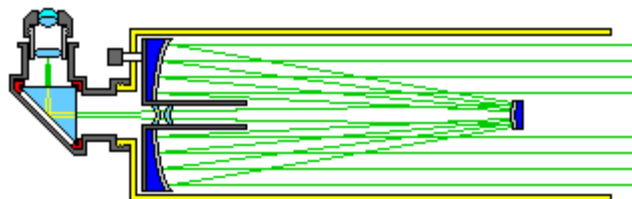
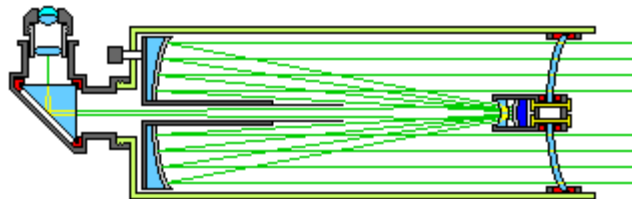
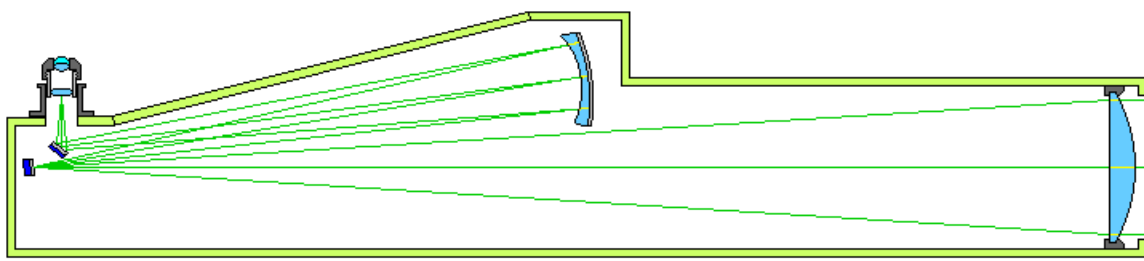
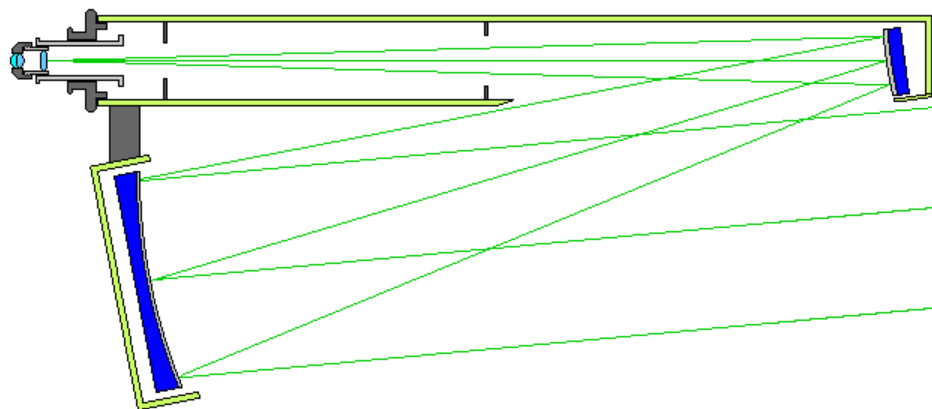
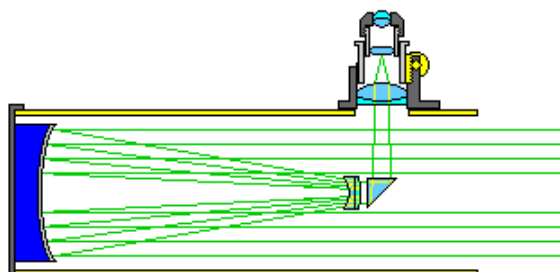
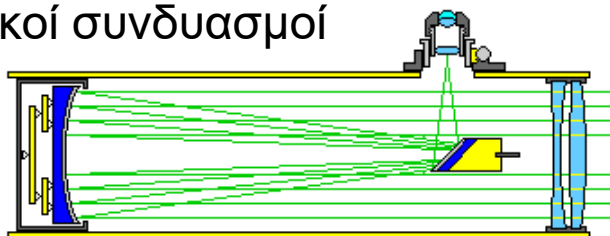
Schmidt-Cassegrain



διορθωτικός φακός Schmidt
κυρτό ασφαιρικό
κοίλο σφαιρικό

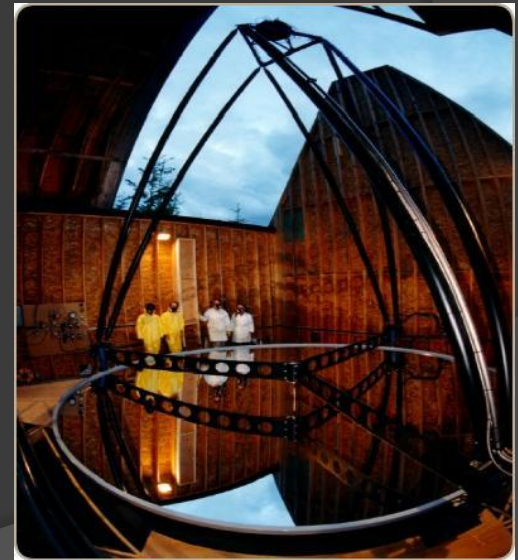
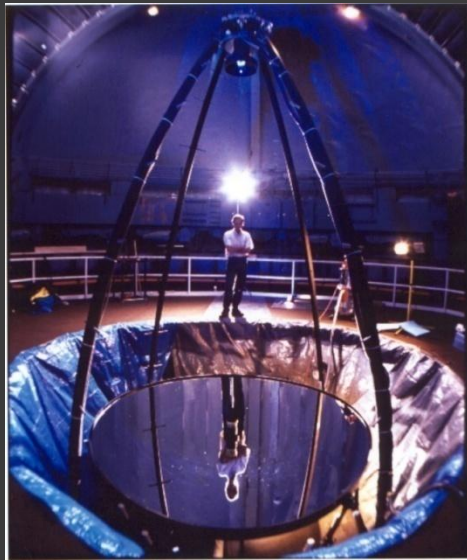
• Ιδιότητες περιπτώσεις

Οπτικοί συνδυασμοί



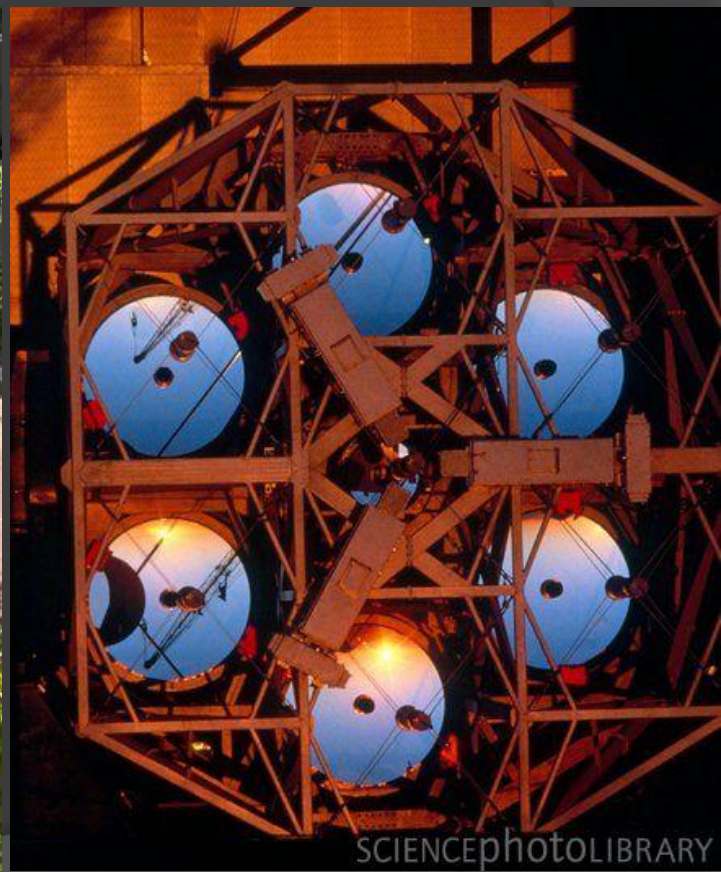
- Ιδιάζουσες περιπτώσεις

Υγρά κάτοπτρα



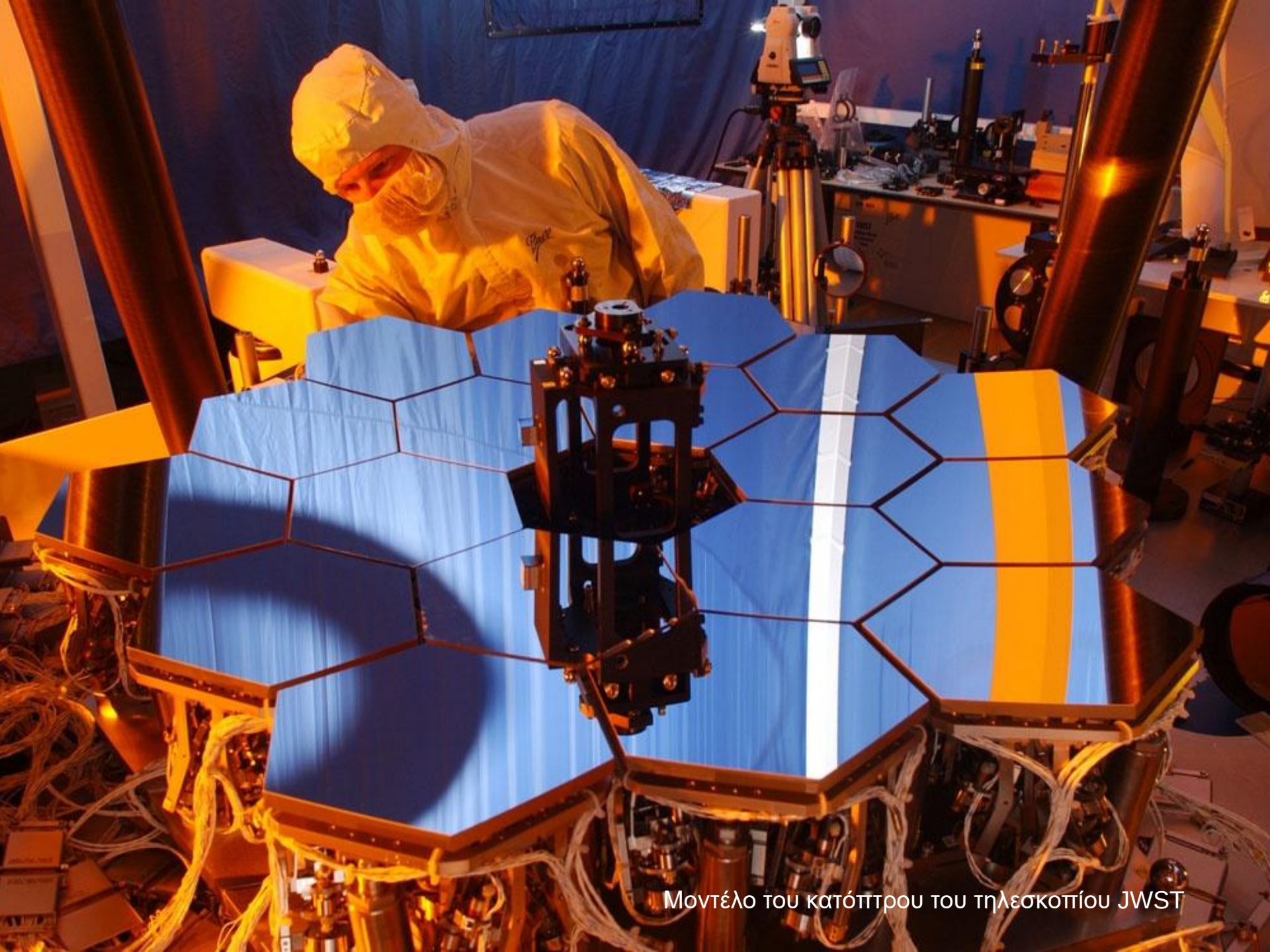
- Ιδιάζουσες περιπτώσεις

Ψηφιδωτά κάτοπτρα (τηλεσκοπία πολλαπλών κατόπτρων)



Μοντέλο του κατόπτρου 10 m των τηλεσκοπίων Keck I και Keck II (Hawaii)

Το πρώτο τηλεσκόπιο πολλαπλών κατόπτρων MMT (USA)

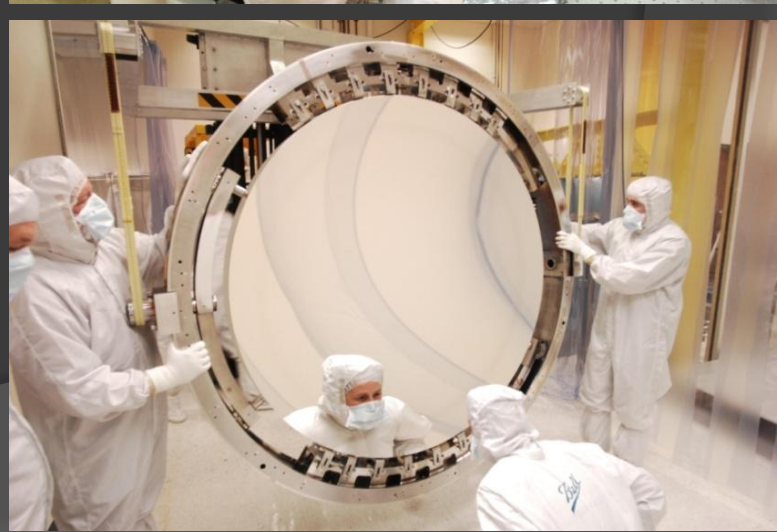


Μοντέλο του κατόπτρου του τηλεσκοπίου JWST

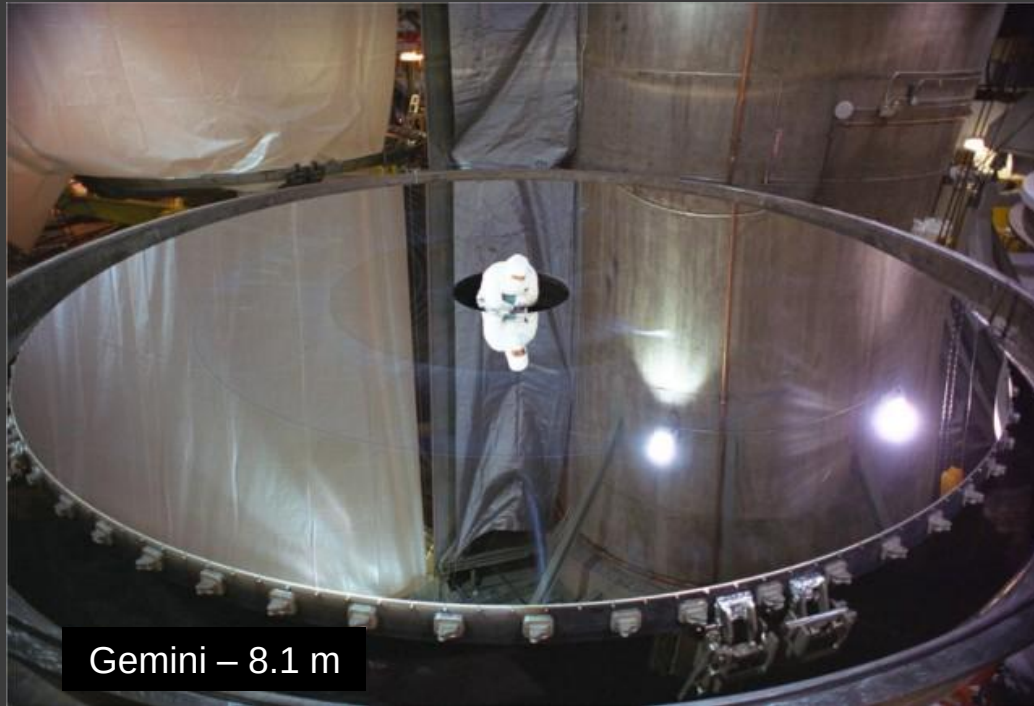


Το μεγαλύτερο κάτοπτρο τηλεσκοπίου μέχρι το 2012 (HET και SALT). Οι διαστάσεις του είναι 11 x 9.8m.

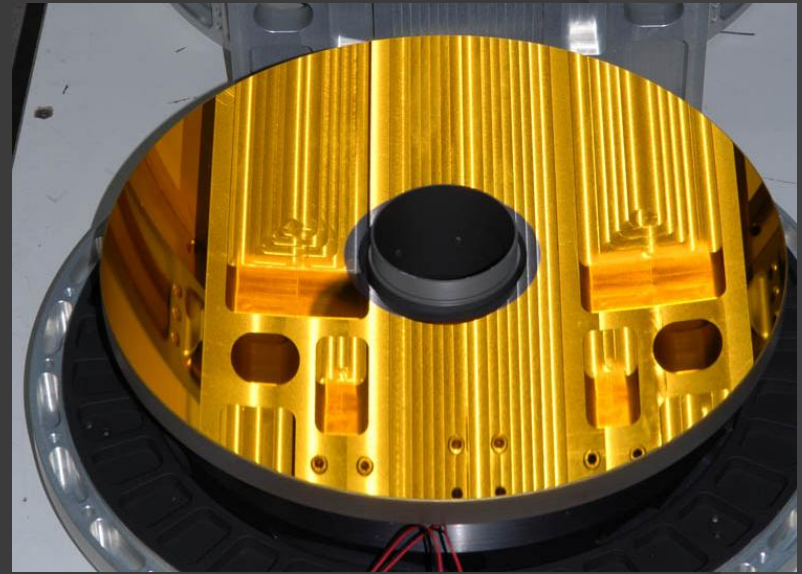
• Τεχνολογία τηλεσκοπίων



- Τεχνολογία τηλεσκοπίων



Gemini – 8.1 m



LBT – 8.4m





Τμήμα του σύνθετου κατόπτρου του JWST

NASA
Goddard
SPACE FLIGHT CENTER





Τα τέσσερα 8.2 m τηλεσκόπια του Very Large Telescope (VLT) στη Χιλή

Συγκριτικά μεγέθη οπτικών τηλεσκοπίων

Γεροσταθοπούλειο
Πανεπιστημιακό Αστεροσκοπείο
0.4 m



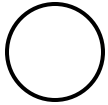
Αστρονομικός Σταθμός
Κρυονερίου Κορινθίας
1.2 m



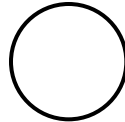
Αστεροσκοπείο Χελμού
Αρίσταρχος
2.3 m



Palomar
5 m



BTA (Caucasus)
6 m



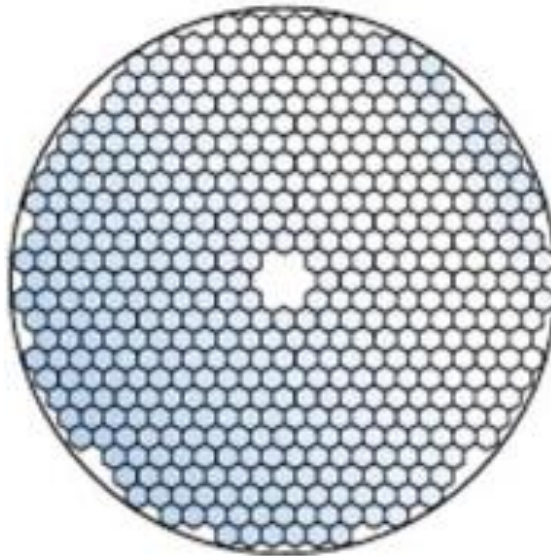
VLT - 8.4 m



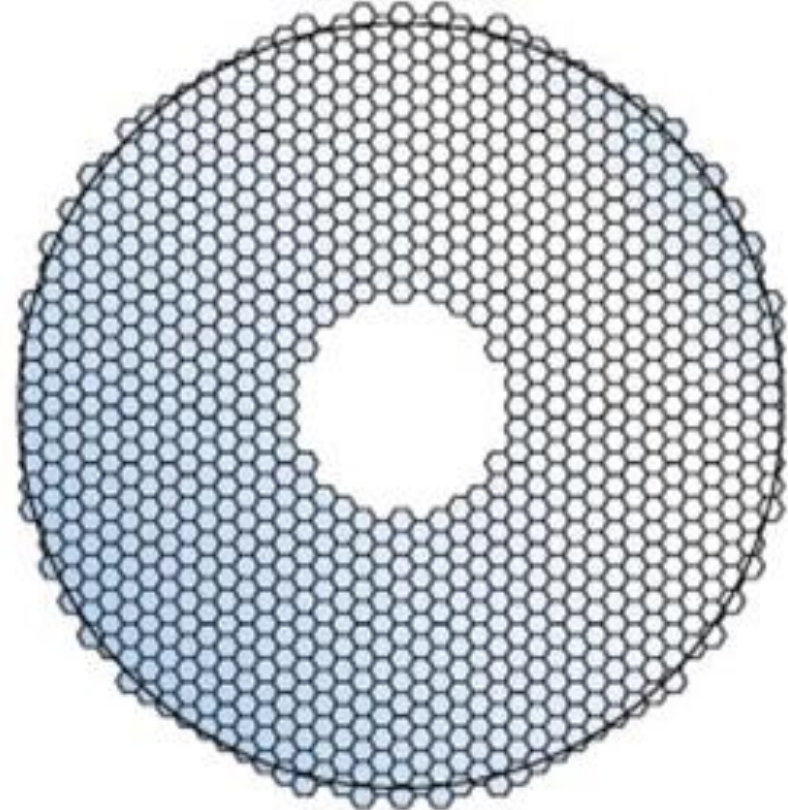
Keck - 10m



TMT - 30 m

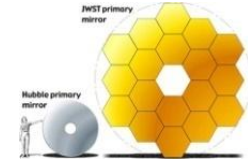


E-ELT - 42 m



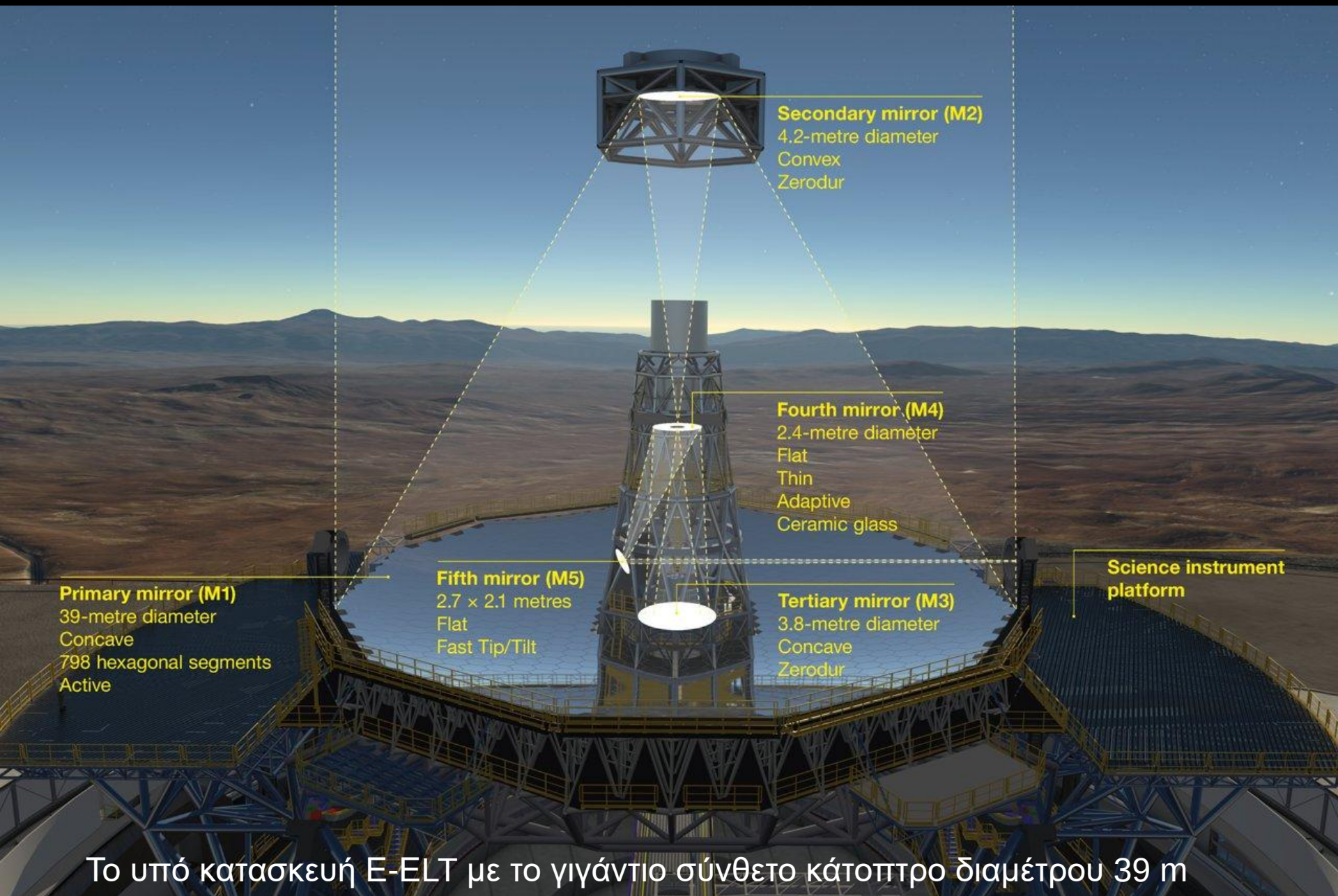
Διαστημικά Τηλεσκόπια
Hubble
2.4 m

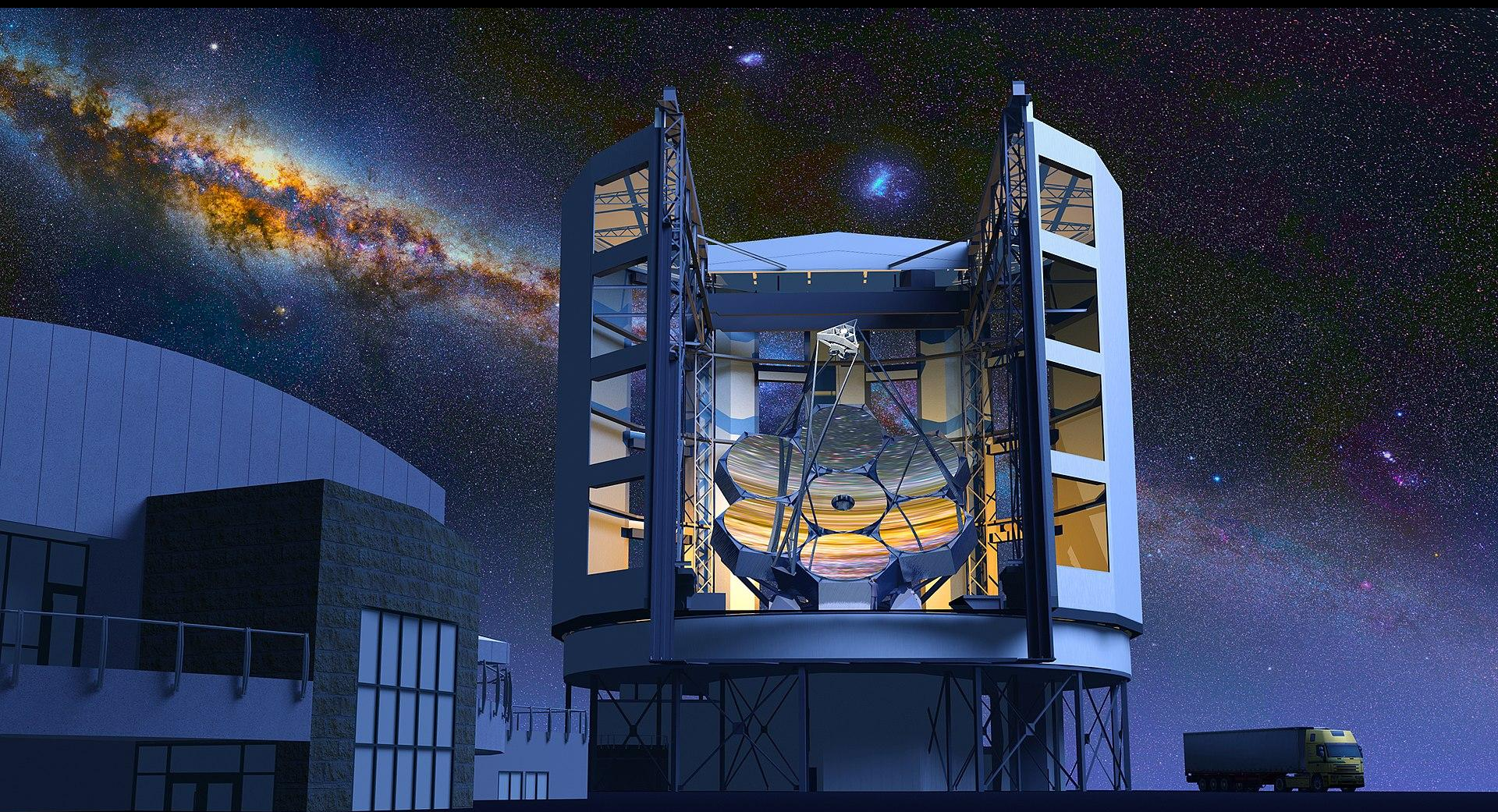
JWST
6.5 m





Το υπό κατασκευή E-ELT με το γιγάντιο σύνθετο κάτοπτρο διαμέτρου 39 m

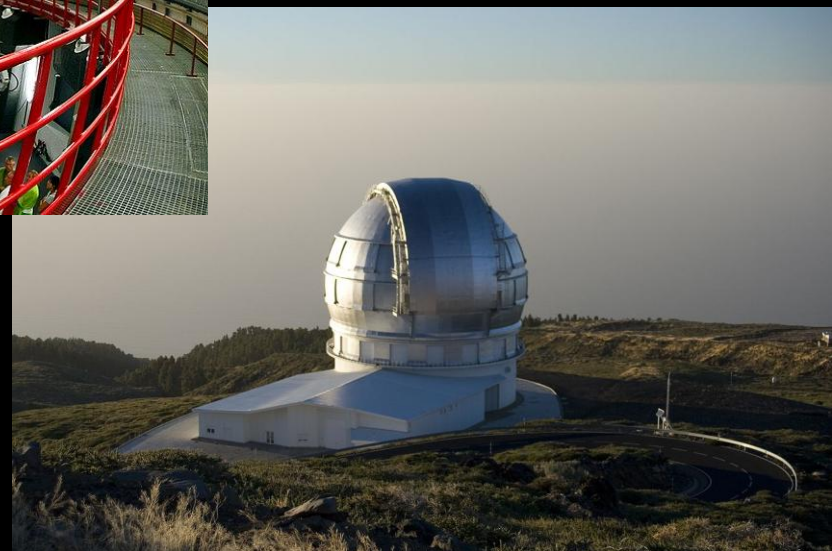
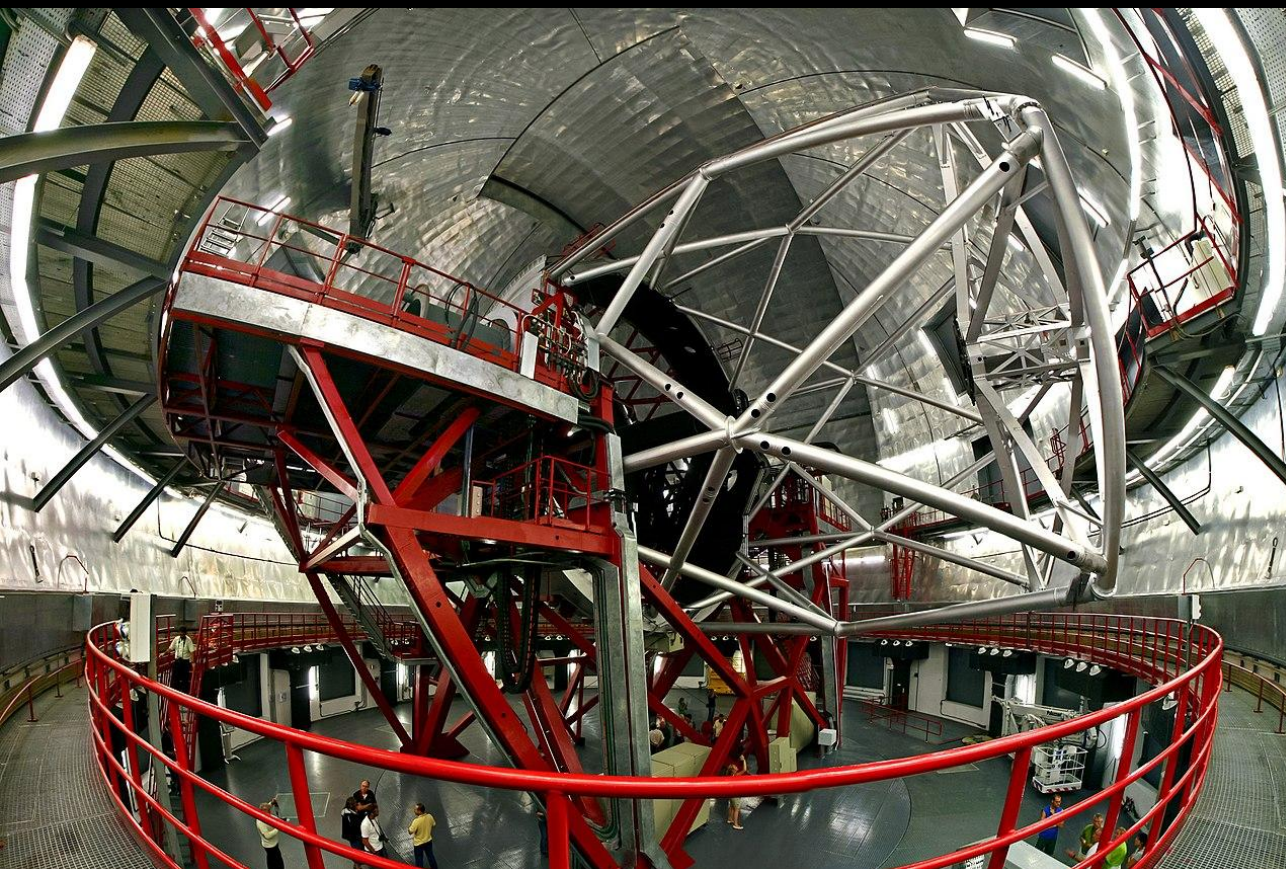




Το υπό κατασκευή Giant Magellan Telescope (GMT) με σύνθετο κάτοπτρο διαμέτρου 24.5 m



Το υπό κατασκευή Thirty Meter Telescope (TMT) με το σύνθετο κάτοπτρο διαμέτρου 30 m



Το Gran Telescopio Canarias (GTC) με το σύνθετο κάτοπτρο διαμέτρου 10.5 m

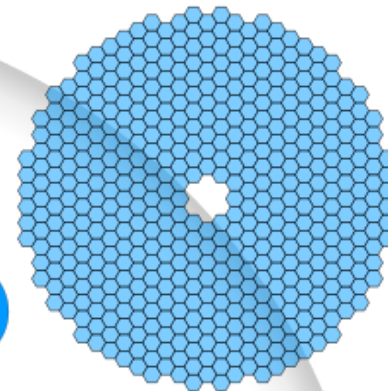
Yerkes Observatory refractor (40" lens at the same scale)
Williams Bay, Wisconsin, USA (1893)

Great Paris Exhibition Telescope
(lens at the same scale)
Paris, France (1900)

Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope
Hebei, China (2009)

Gran Telescopio Canarias
La Palma, Canary Islands, Spain (2007)

Keck telescopes
Mauna Kea, Hawaii, USA (1993, 1996)

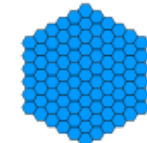


Thirty Meter Telescope
Mauna Kea, Hawaii, USA (planned 2027)

Hooker Telescope (100")
Mt Wilson, California, USA (1917)



Hale Telescope (200")
Mt Palomar, California, USA (1948)



Hobby-Eberly Telescope
Davis Mountains, Texas, USA (1996)



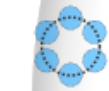
Southern African Large Telescope
Sutherland, South Africa (2005)



Gemini North
Mauna Kea, Hawaii, USA (1999)



Subaru Telescope
Mauna Kea, Hawaii, USA (1999)



(1979–1998) (1999–)
Multiple Mirror Telescope
Mount Hopkins, Arizona, USA



BTA-6 (Large Altazimuth Telescope)
Zelenchuksky, Russia (1975)



Large Zenith Telescope
British Columbia, Canada (2003)



Large Binocular Telescope
Mount Graham, Arizona, USA (2005)



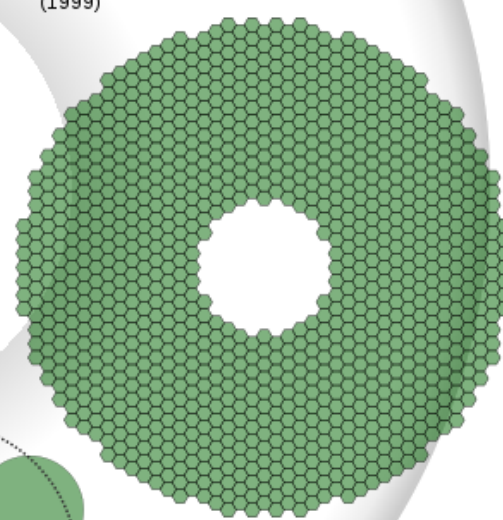
Very Large Telescope
Cerro Paranal, Chile (1998, 1999, 2000, 2000)



Gemini South
Cerro Pachón, Chile (2000)



Vera C. Rubin Observatory
Cerro Pachón, Chile (planned 2022)



Extremely Large Telescope
Cerro Armazones, Chile (planned 2025)

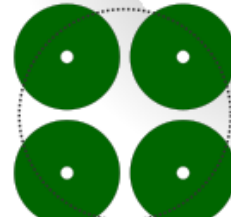
Gaia
Earth–Sun L point (2014)



James Webb Space Telescope
Earth–Sun L point (planned 2021)

Kepler
Earth-trailing solar orbit (2009)

Hubble Space Telescope
Low Earth orbit (1990)



Magellan Telescopes
Las Campanas, Chile (2000, 2002)



Giant Magellan Telescope
Las Campanas, Chile (planned 2029)

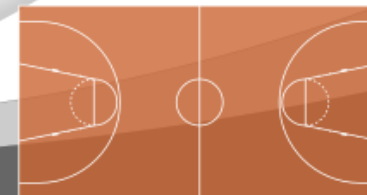
Human at the same scale

0 5 10m
0 10 20 30 ft



Tennis court at the same scale

Overwhelmingly Large Telescope (cancelled)
Arecibo Observatory 305 m radio telescope at the same scale
FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical [radio] Telescope) at the same scale



Basketball court at the same scale

100 m

80 m

60 m

40 m

20 m



Very Large Telescope



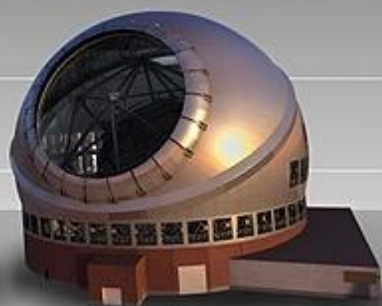
Extremely Large Telescope



Keck Telescope



South African
Large Telescope



Thirty Meter Telescope



Gran Telescopio
Canarias



Subaru Telescope



New Technology
Telescope



Giant Magellan Telescope



Large Synoptic Survey Telescope

Κεφάλαιο 5

- Στήριξη τηλεσκοπίων

1) Μεσημβρινή

- Τηλεσκόπια διαβάσεων

2) Αλταζιμουθιακή (alt-az)

- Dobson

3) Ισημερινή

- Γερμανικού τύπου (στήριξη σε ένα σημείο)
- Διχαλωτή
- Αγγλικού τύπου (στήριξη σε δύο σημεία)
- Πεταλοειδής

4) Σταθερή (ακλόνητη)

5) Σταθερού ύψους

6) Alt-alt (τροποποιημένη Αγγλικού τύπου)

- Μεσημβρινή στήριξη

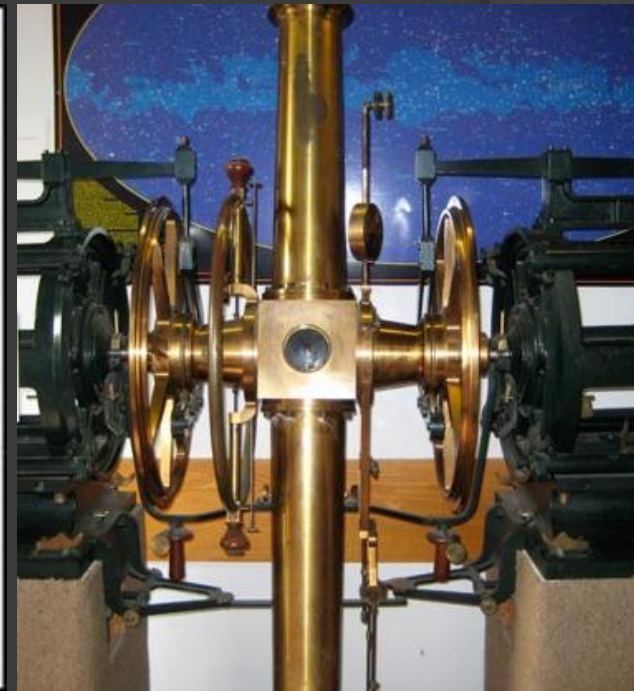
Τηλεσκόπια διαβάσεων



Carlsberg Meridian Circle (UK)

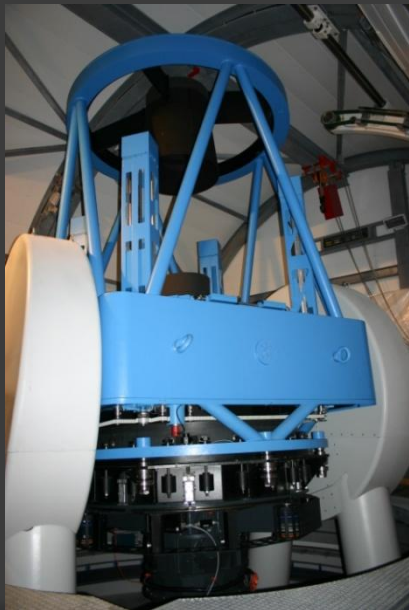
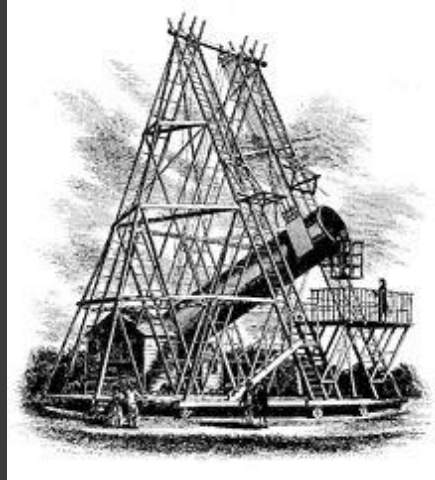


Τηλεσκόπιο Α. Συγγρός (GR)



Rapsold Meridian Transit (USA)

- Αλταζιμουθιακή στήριξη

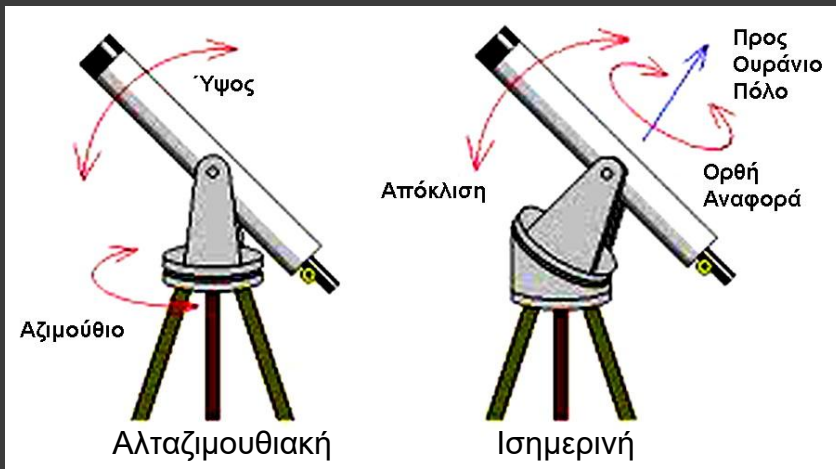


Στήριξη τύπου Dobson

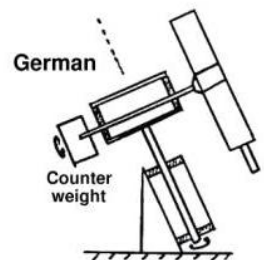


Το τηλεσκόπιο «Αρίσταρχος» διαμέτρου 2.3 m στο Χελμό

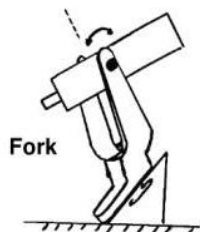
- Ισημερινή στήριξη



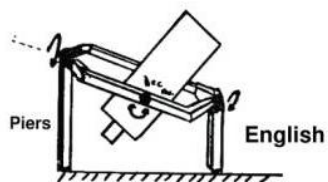
- Ισημερινή στήριξη



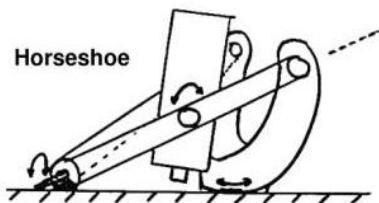
Γερμανικού τύπου



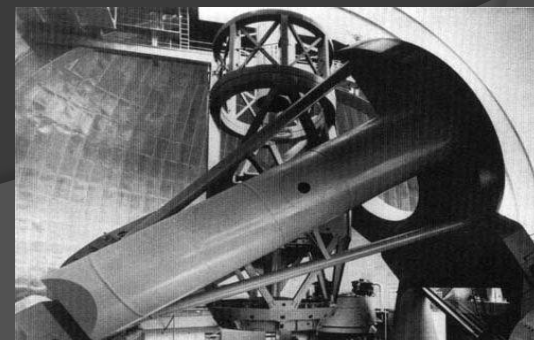
Διχαλωτή



Αγγλικού τύπου



Πεταλοειδής



Κεφάλαιο 6

Χαρακτηριστικά τηλεσκοπίων

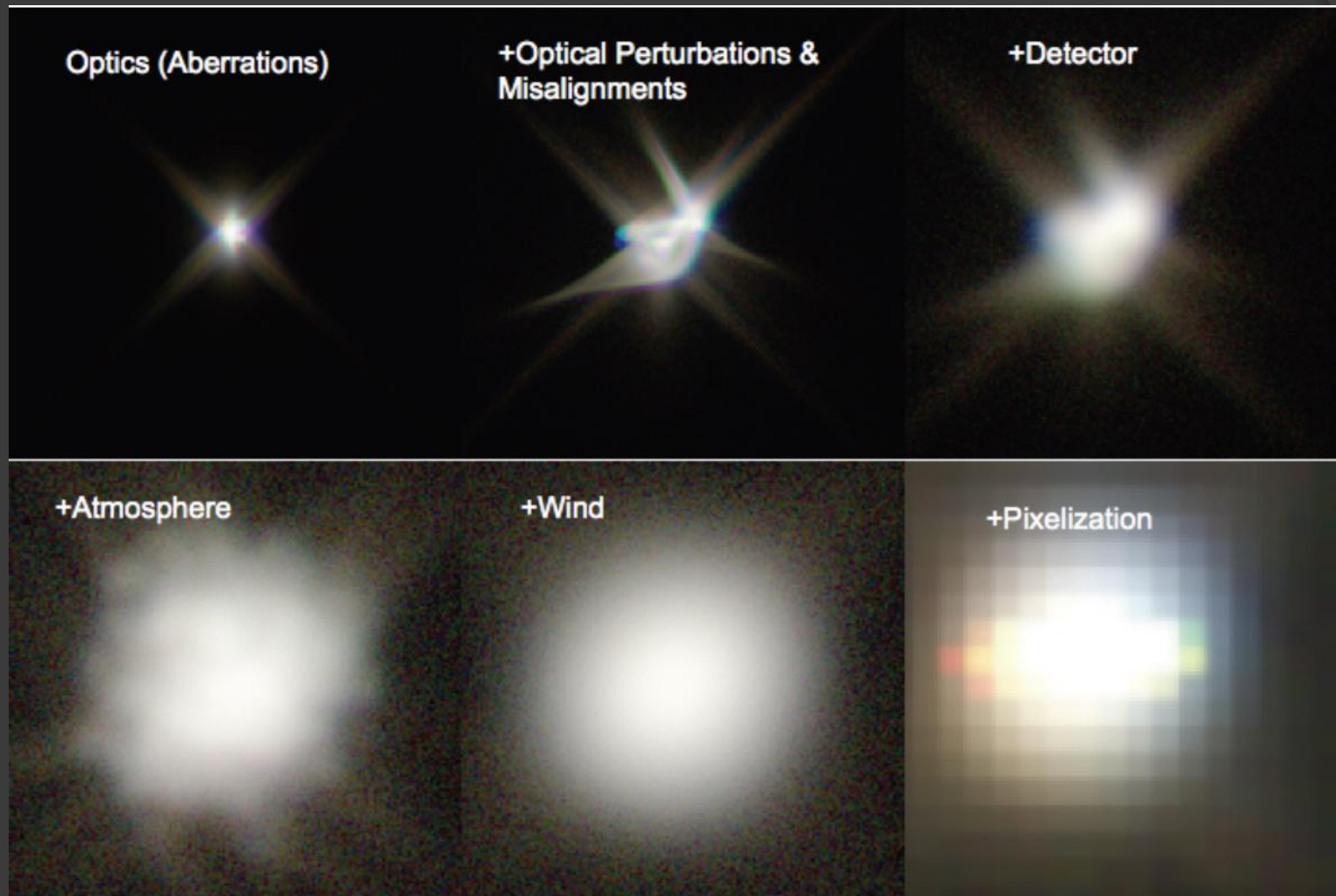
1) Κατηγορία	Διοπτρικό, Κατοπτρικό, Καταδιοπτρικό	
2) Διάμετρος	D	[mm]
3) Εστιακή απόσταση	F	[mm]
4) Εστιακός λόγος	$f = \frac{F}{D}$	
5) Κλίμακα ειδώλου	$K = \frac{206265}{F}$	[arcsec/mm]
6) Διακριτική ικανότητα	$\omega = 206265 \times 1.22 \frac{\lambda}{D}$	[arcsec]
	για $\lambda = 480 \text{ nm}$:	$\omega = \frac{12}{D_{cm}}$ [arcsec]
7) Μεγέθυνση	$M = \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{F}{F_{\pi}}$	(F_{π} : εστιακή απόσταση προσοφθ. φακού)
8) Οπτικό πεδίο	$\theta = \frac{\alpha}{M}$	(α : οπτικό πεδίο προσοφθάλμιου φακού)
9) Προσοφθάλμιοι φακοί	(μεγάλη ποικιλία)	
10) Στήριξη	(μεγάλη ποικιλία)	

Κεφάλαιο 7

Μόνιμη εγκατάσταση τηλεσκοπίων (Αστεροσκοπεία)

	επιθυμητές τιμές	τυπικές τιμές
1) Καιρικές συνθήκες (διαύγεια)	μεγάλη	250-300 νύχτες το χρόνο
2) Υγρασία	μικρή	< 30%
3) Υψόμετρο	μεγάλο	> 2000 m
4) Ατμοσφαιρική διαταραχή (seeing)	μικρή	< 1 arcsec
5) Φωτορρύπανση	μικρή	απόλυτα σκοτεινό
6) Θερμοκρασιακές μεταβολές	μικρή	< 1° C/hour
7) Άνεμοι	μικρή	< 50 km/h
8) Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, καυσίμων, νερού		
9) Εύκολη πρόσβαση (δρόμος)		

- Αθροιστικά οπτικά σφάλματα



- Σύγκριση τηλεσκοπίων

Διοπτρικά	Κατοπτρικά	Καταδιοπτρικά
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ		
Είδωλα υψηλής αντίθεσης	Χαμηλό κόστος κατασκευής (μικρό βάρος και όγκος)	Ευρύ πεδίο παρατήρησης
Δεν απαιτείται ευθυγράμμιση των οπτικών στοιχείων	Αποδίδουν σε μεγαλύτερη φασματική περιοχή ακτινοβολίας	Μικρό βάρος και όγκος
Προστατευμένος κλειστός σωλήνας	Κατάλληλα για αμυδρά αντικείμενα	Κατάλληλα για αμυδρά αντικείμενα
Χρήση πλήρους ανοίγματος (χωρίς κεντρικό εμπόδιο)	Απουσία χρωματικών σφαλμάτων	Προστατευμένος κλειστός σωλήνας
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ		
Υψηλό κόστος κατασκευής	Κεντρικό εμπόδιο (χαμηλή αντίθεση και περιθλαστικοί σχηματισμοί)	Κεντρικό εμπόδιο (χαμηλή αντίθεση και περιθλαστικοί σχηματισμοί)
Μεγάλο μήκος (όγκος-βάρος)	Απαιτείται συχνή ευθυγράμμιση οπτικών	Απαιτείται συχνή ευθυγράμμιση οπτικών
Χρωματικά σφάλματα	Απαιτείται καλή θερμική ισορροπία του κατόπτρου με το περιβάλλον	Απαιτείται καλή θερμική ισορροπία του κατόπτρου με το περιβάλλον
Ακατάλληλα για αμυδρά αντικείμενα	Ανοικτός σωλήνας (σκόνη-υγρασία)	Σχετικά μεγάλο κόστος κατασκευής