



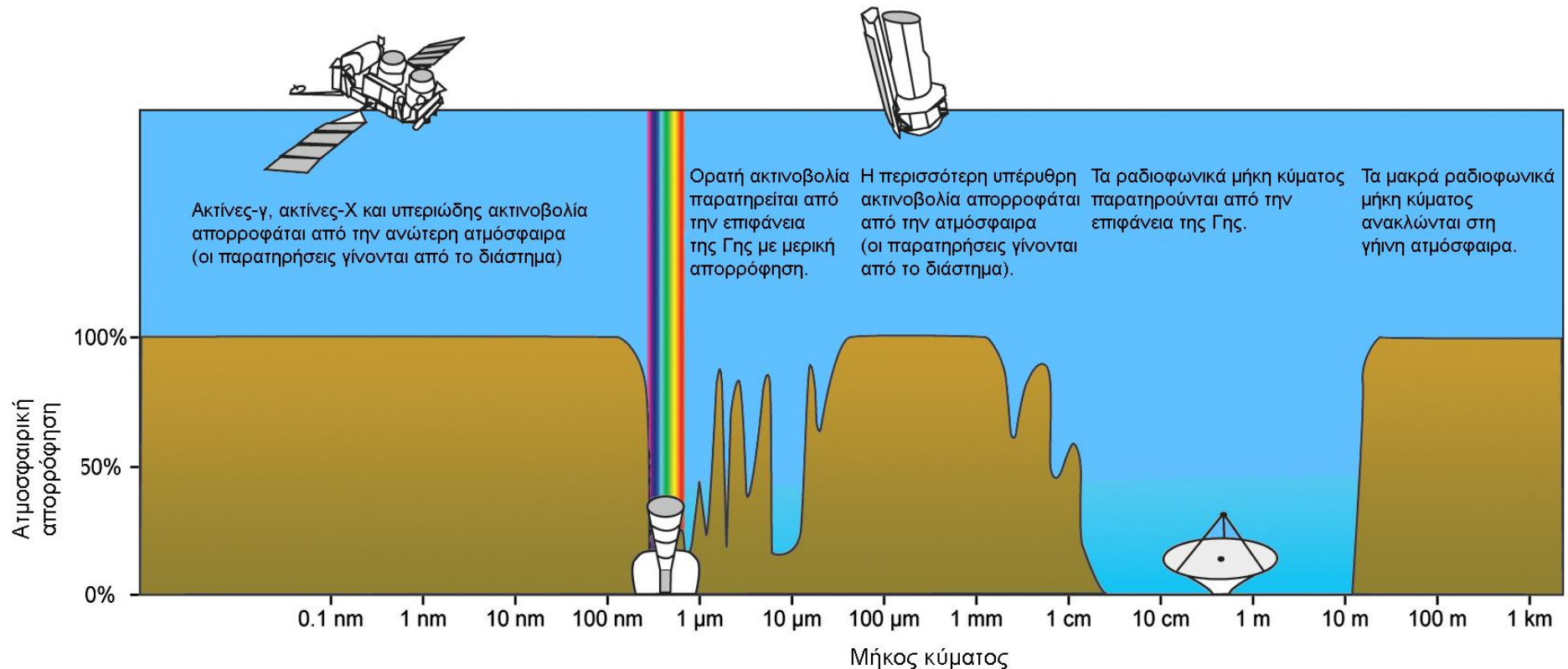
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Κοσμάς Γαζέας

ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ



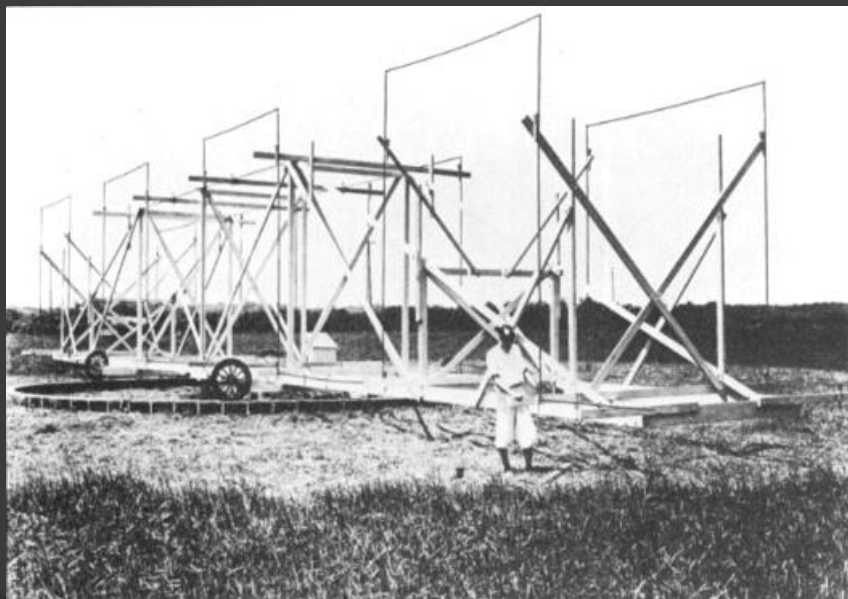
Παρατηρήσεις από τη Γη και από το διάστημα



Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

- Η ραδιοφωνική ακτινοβολία του Γαλαξία (στα 20.5 MHz) ανακαλύφθηκε τυχαία από τον **Karl Guthe Jansky το 1931**, καθώς δούλευε σαν μηχανικός στην εταιρεία Bell Telephone Laboratories.
- Ο **Grote Reber** έφτιαξε το **πρώτο ραδιοτηλεσκόπιο** το 1937 για να ανιχνεύσει την αμυδρή ραδιο-ακτινοβολία.
- Το 1938 ο Grote Reber χαρτογράφησε το Γαλαξία στα 160 MHz.



Ο Karl Jansky και η κεραία του (1931)



Το ραδιοτηλεσκόπιο του Grote Reber (1937)

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

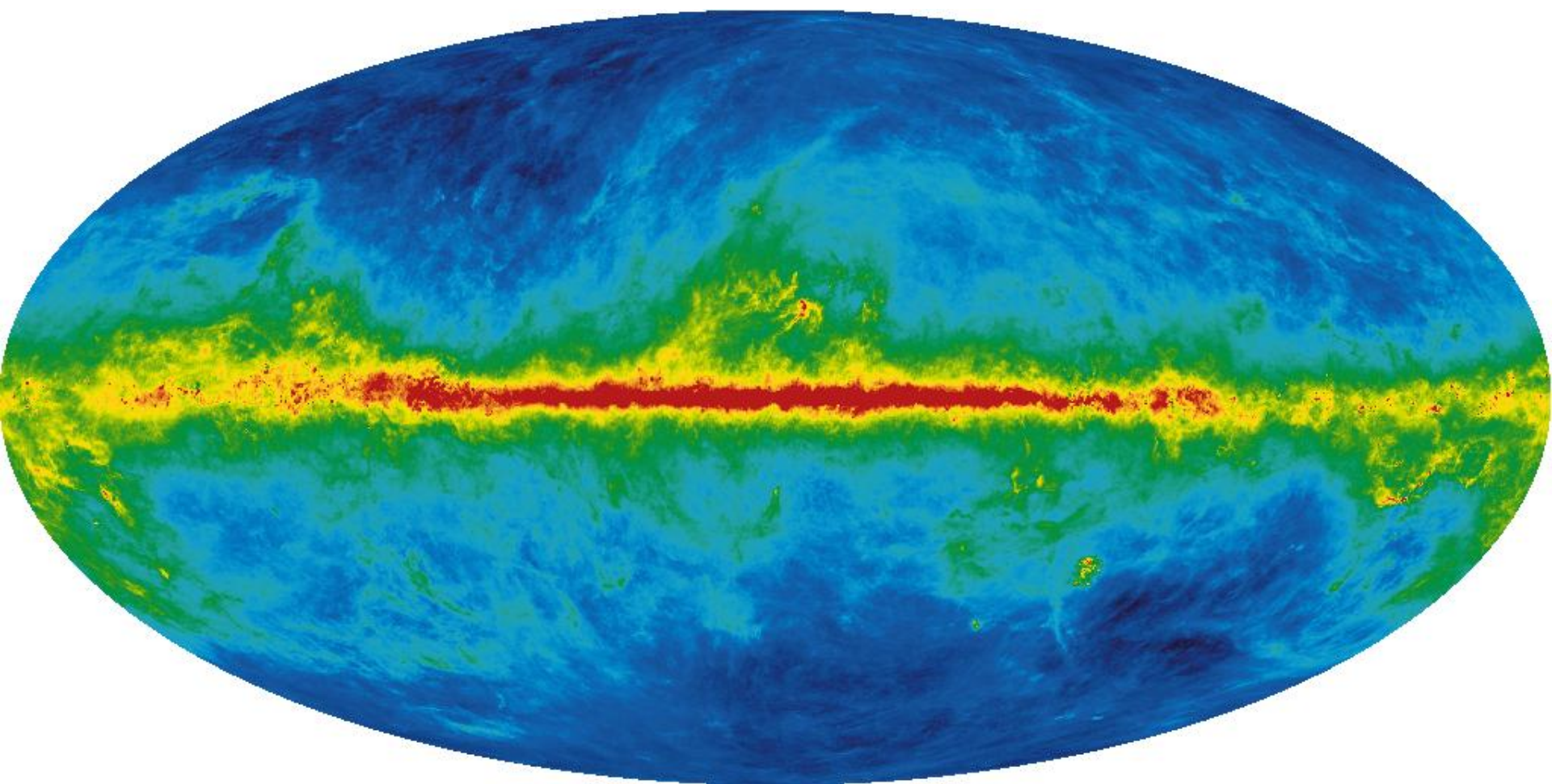
- Η ραδιοφωνική ακτινοβολία του Γαλαξία (στα 20.5 MHz) ανακαλύφθηκε τυχαία από τον **Karl Guthe Jansky το 1931**, καθώς δούλευε σαν μηχανικός στην εταιρεία Bell Telephone Laboratories.
- Ο **Grote Reber** έφτιαξε το **πρώτο ραδιοτηλεσκόπιο** το 1937 για να ανιχνεύσει την αμυδρή ραδιο-ακτινοβολία.
- Το 1938 ο Grote Reber χαρτογράφησε το Γαλαξία στα 160 MHz.



Αντίγραφο της κεραίας του Karl Jansky



Το ραδιοτηλεσκόπιο του Grote Reber (1937)



Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

- Η αστρονομική κοινότητα δεν έδειξε ενδιαφέρον στις πρώτες ανακαλύψεις των ραδιοφωνικών εκπομπών του σύμπαντος.
 - Πολύ αμυδρό σήμα
 - Πολύ χαμηλή διακριτική ικανότητα (ραδιοτηλεσκόπιο 30 m που παρατηρεί στα 21 cm έχει διακριτική ικανότητα 0.5 deg)
- Η πραγματική επανάσταση στη ραδιοαστρονομία ξεκίνησε μετά τη λήξη του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου.
 - Πολύς ελεύθερος χρόνος για μελέτες
 - Αρκετή συσσωρευμένη γνώση από το παρελθόν
 - Διαθέσιμα εγκαταλελειμμένα ραδιοτηλεσκόπια
- Η σημαντική ιδιότητα των ραδιοφωνικών κυμάτων είναι ότι μπορούν να ταξιδέψουν στο σύμπαν με ελάχιστη απορρόφηση από τη μεσοαστρική ύλη, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας.

Κεφάλαιο 2

Η συλλεκτική ικανότητα των ραδιοτηλεσκοπίων

- Η αρχή των ραδιοτηλεσκοπίων βασίζεται στην ανακλαστική ιδιότητα των ραδιοφωνικών κυμάτων.
- Τα ραδιοτηλεσκόπια είναι απλοί ανακλαστήρες.
- Η παραβολική επιφάνειά τους βοηθά στη συλλογή των αμυδρών σημάτων σε μικρή επιφάνεια (εστία).
- Η μονάδα μέτρησης της ραδιοφωνικής εκπομπής είναι το Jansky

$$1 \text{ Jy} = 10^{-26} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{Hz}}$$

- Η διάμετρος των ραδιοτηλεσκοπίων είναι πολύ μεγάλη.
 - Το πολύ αμυδρό σήμα χρειάζεται ενίσχυση
 - Η πολύ χαμηλή διακριτική ικανότητα επιβάλλει μεγάλη διάμετρο (2000 φορές μεγαλύτερη από τα οπτικά τηλεσκόπια)

Κεφάλαιο 2

Γενικά για τα ραδιοτηλεσκόπια

- Η επιστήμη της ραδιοαστρονομίας ασχολείται με τις ακτινοβολίες που έχουν μήκος κύματος από **1 mm έως μερικές δεκάδες μέτρα**.
- Τα ραδιοτηλεσκόπια αποτελούνται από την κεραία, τον ενισχυτή και το σύστημα καταγραφής.
- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των ραδιοκυμάτων μετατρέπεται σε ηλεκτρική και καταγράφεται ψηφιακά.

Κεφάλαιο 3

- Κατηγορίες ραδιοτηλεσκοπίων

1) Απλής ανάκλασης (κύριας εστίας)

- Αξονικά
- Μη αξονικά

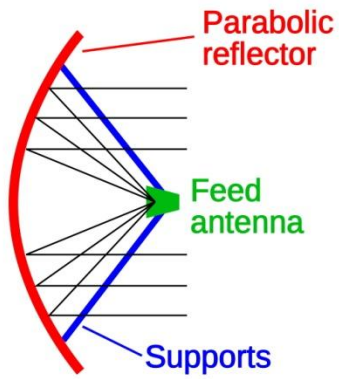
2) Διπλής ανάκλασης

- Cassegrain (αξονικά ή μη αξονικά)
- Gregorian (αξονικά ή μη αξονικά)

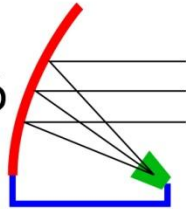


Parkes Observatory (Australia), 64 m

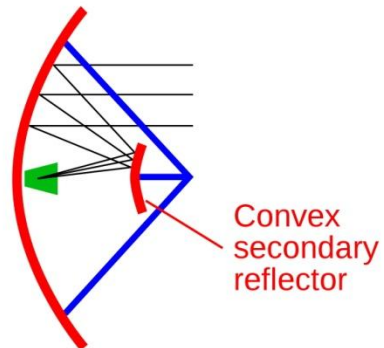
Αξονικό
(κύριας εστίας)



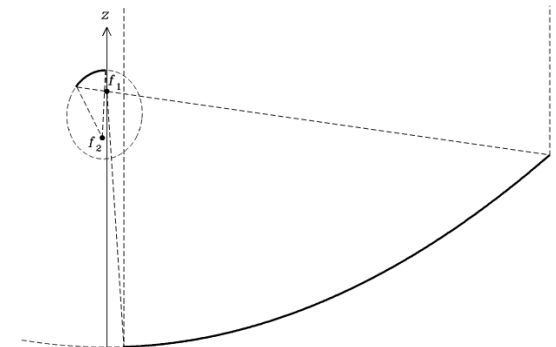
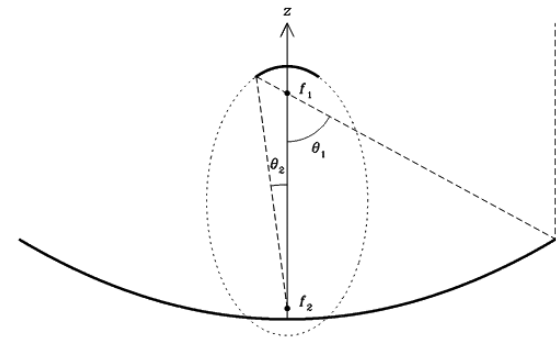
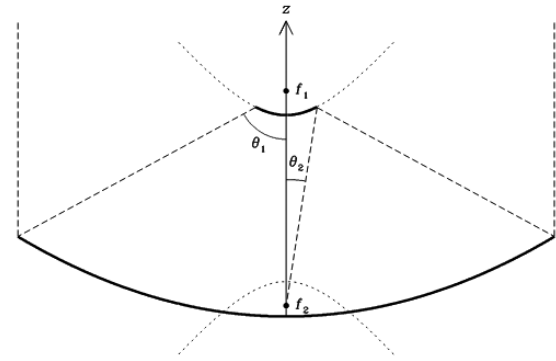
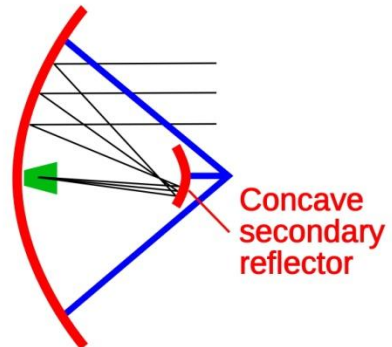
Μη αξονικό



Cassegrain



Gregorian



- Ιδιάζουσες περιπτώσεις

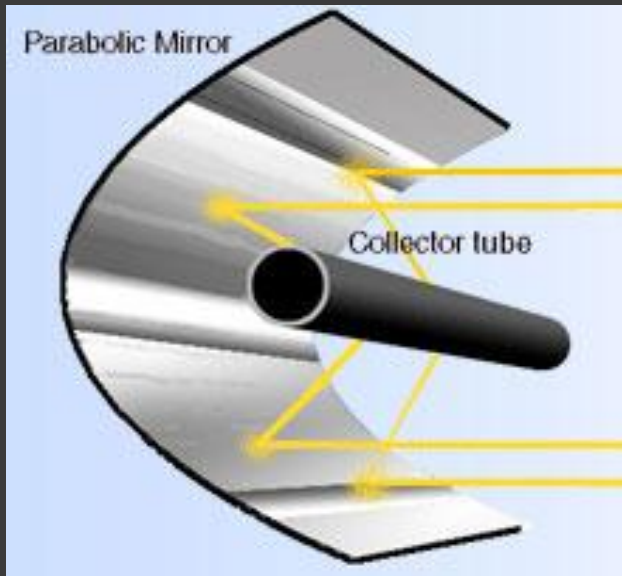


LOFAR (Germany)



LOFAR (Netherlands)

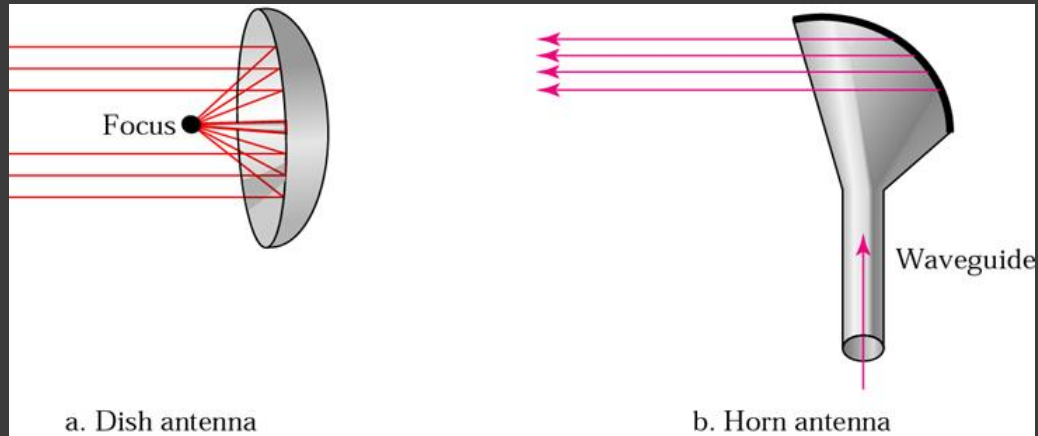
- Ιδιάζουσες περιπτώσεις



Κυλινδρικά κάτοπτρα VHF (Norway)



- Ιδιότητες περιπτώσεις



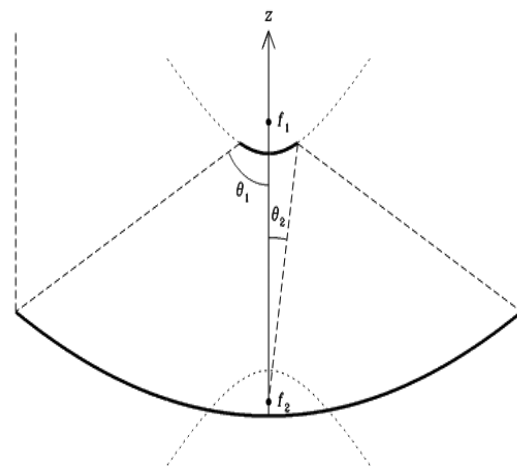
Κεραία χοάνης, Holmdel Horn (NJ, USA)

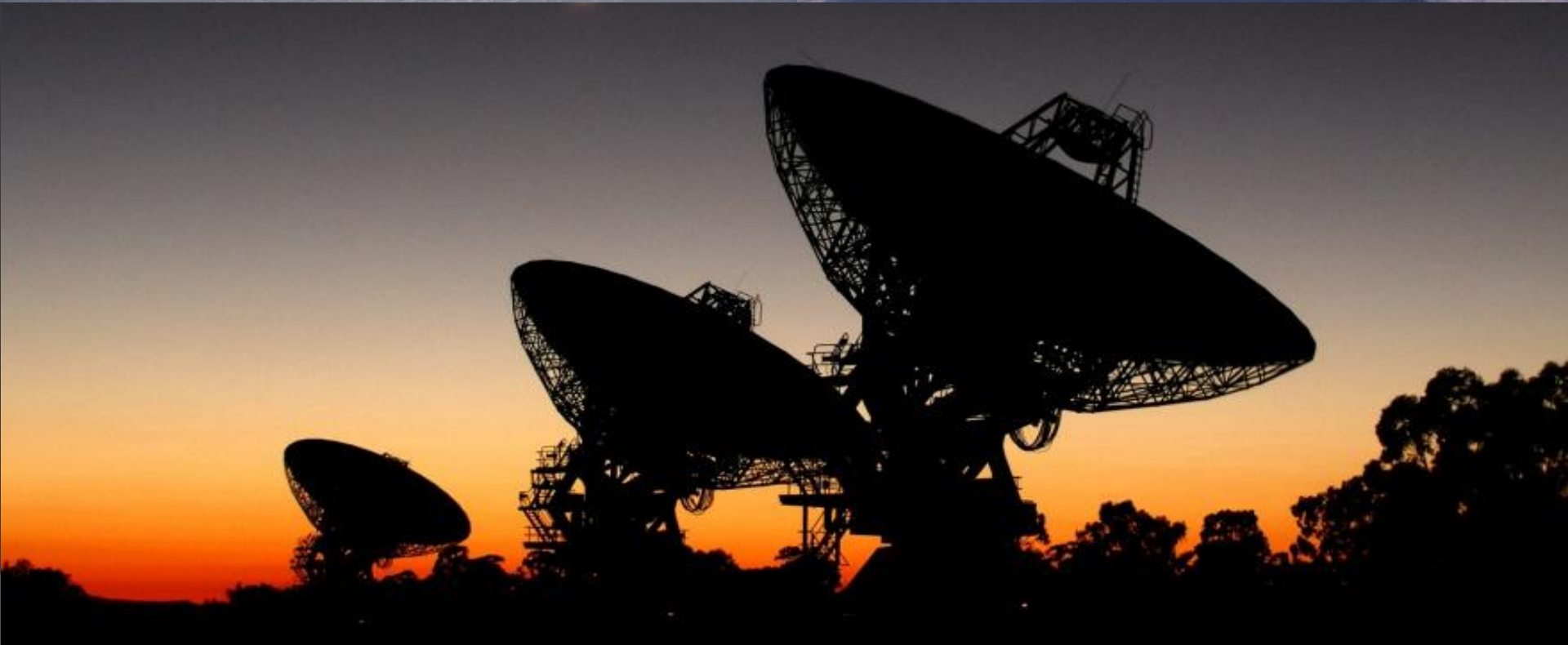


Greenbank, NRAO (WV, USA), 42 m

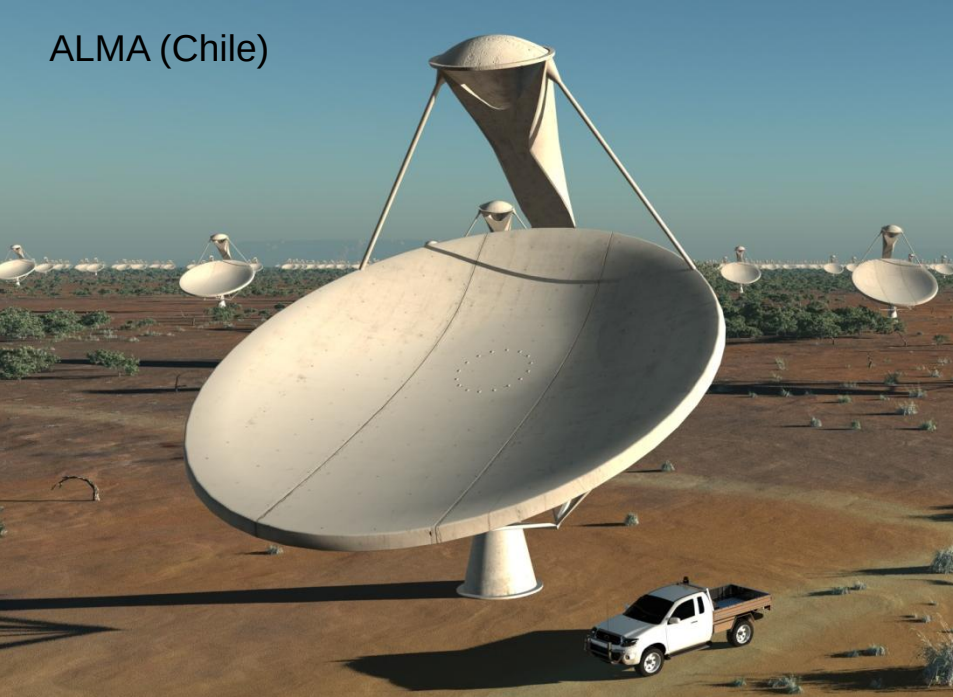


VLA (USA)





ALMA (Chile)



Allen Telescope Array (USA) μη αξονικό, Gregorian



Greenbank, NRAO (WV, USA), 100 m

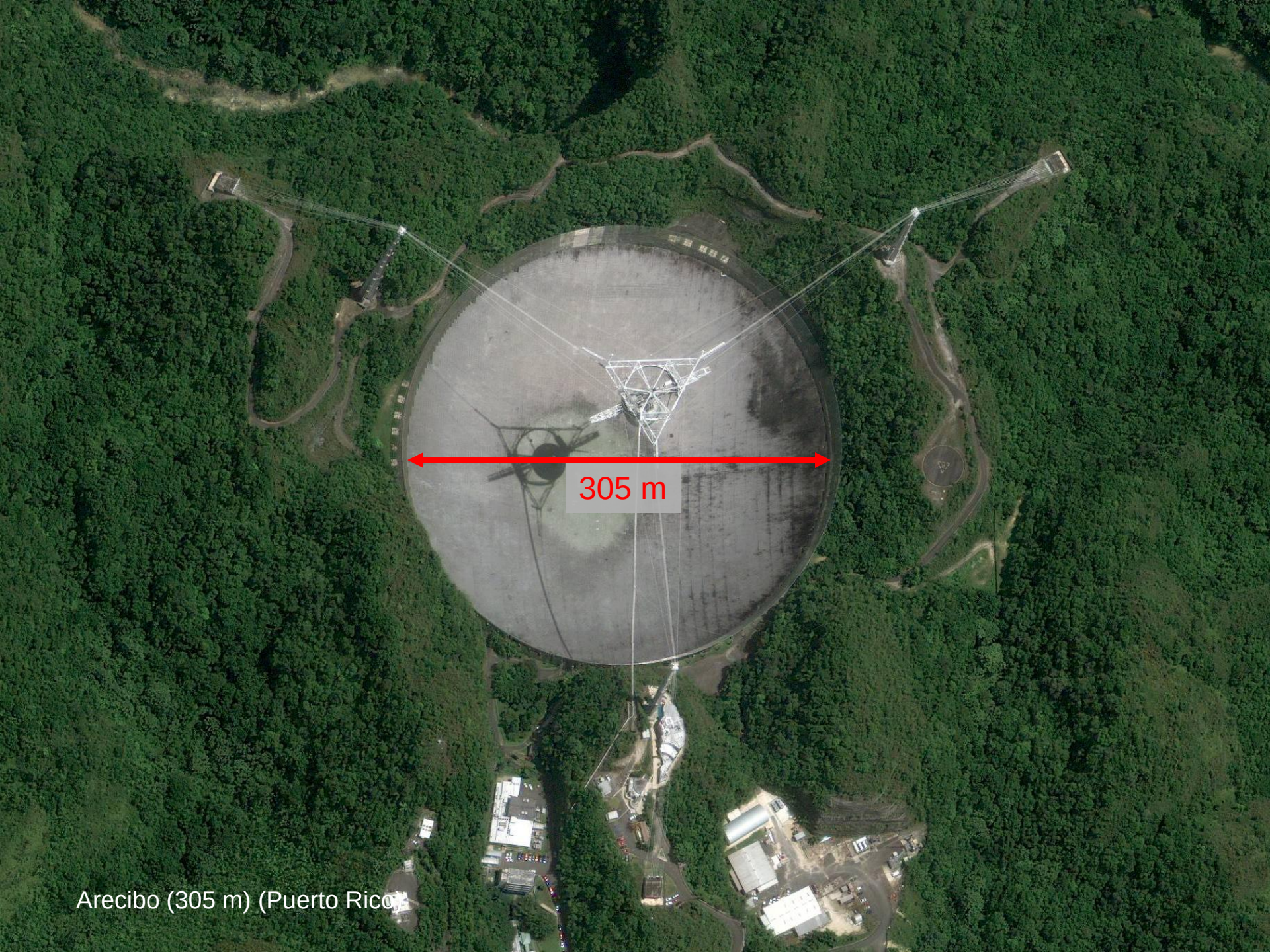


Greenbank, NRAO (WV, USA), 100 m





Effelsberg (100 m) (Germany)

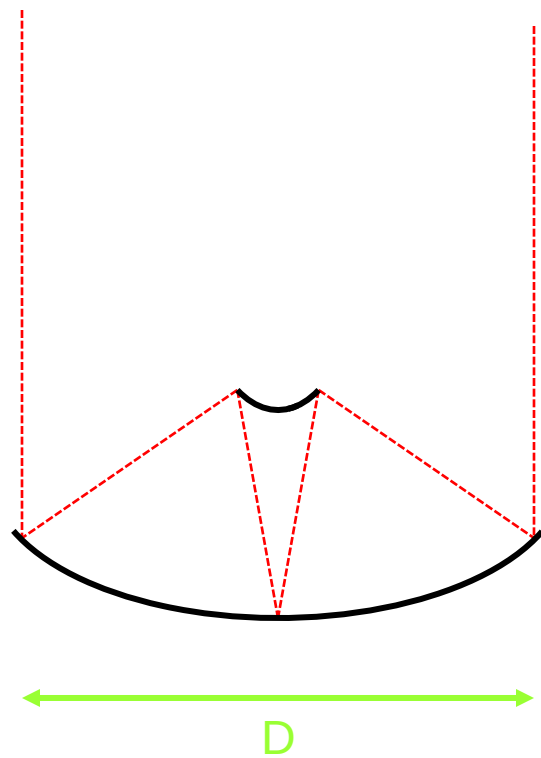


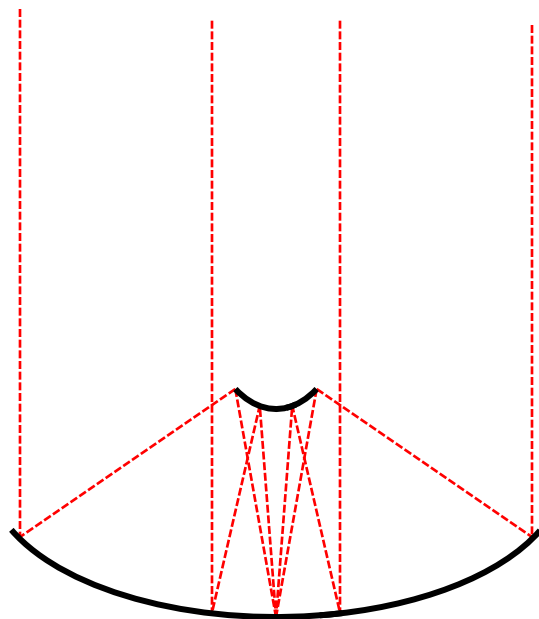
305 m

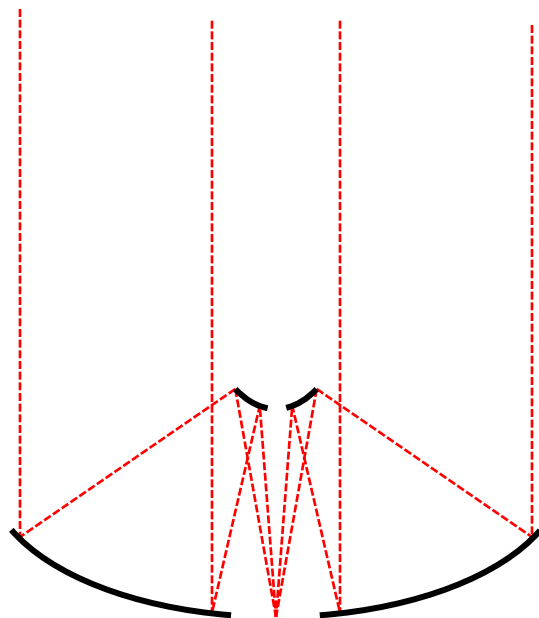
Arecibo (305 m) (Puerto Rico)

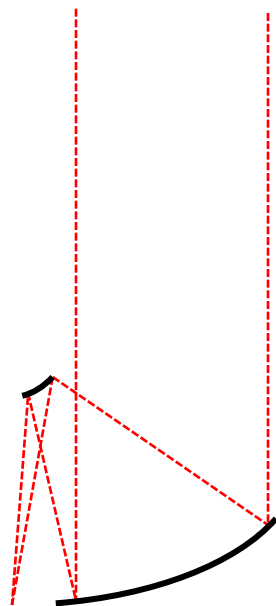
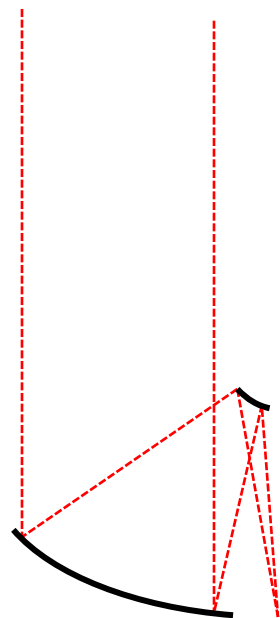


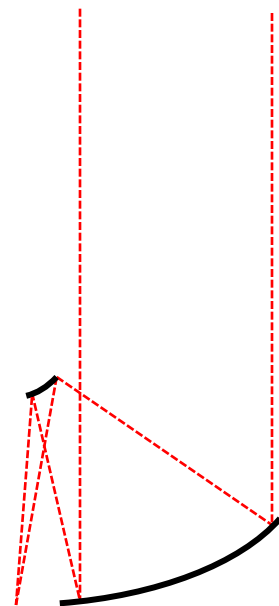
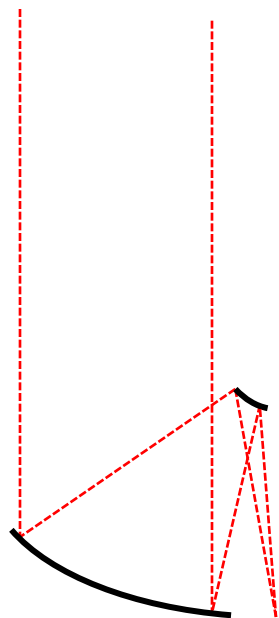
Arecibo (305 m) (Puerto Rico)

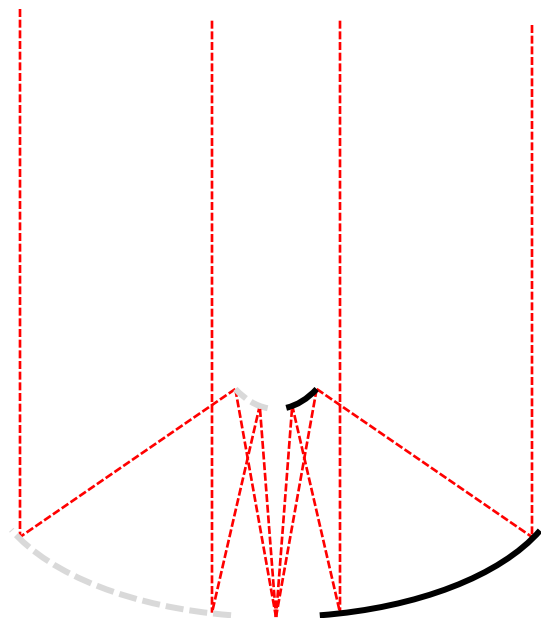
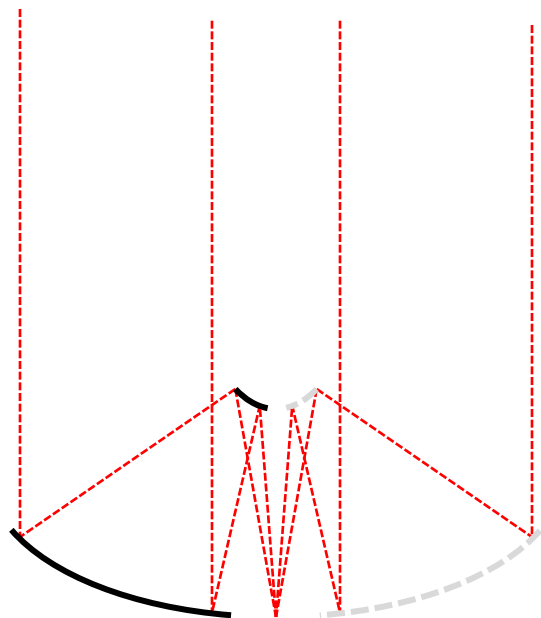


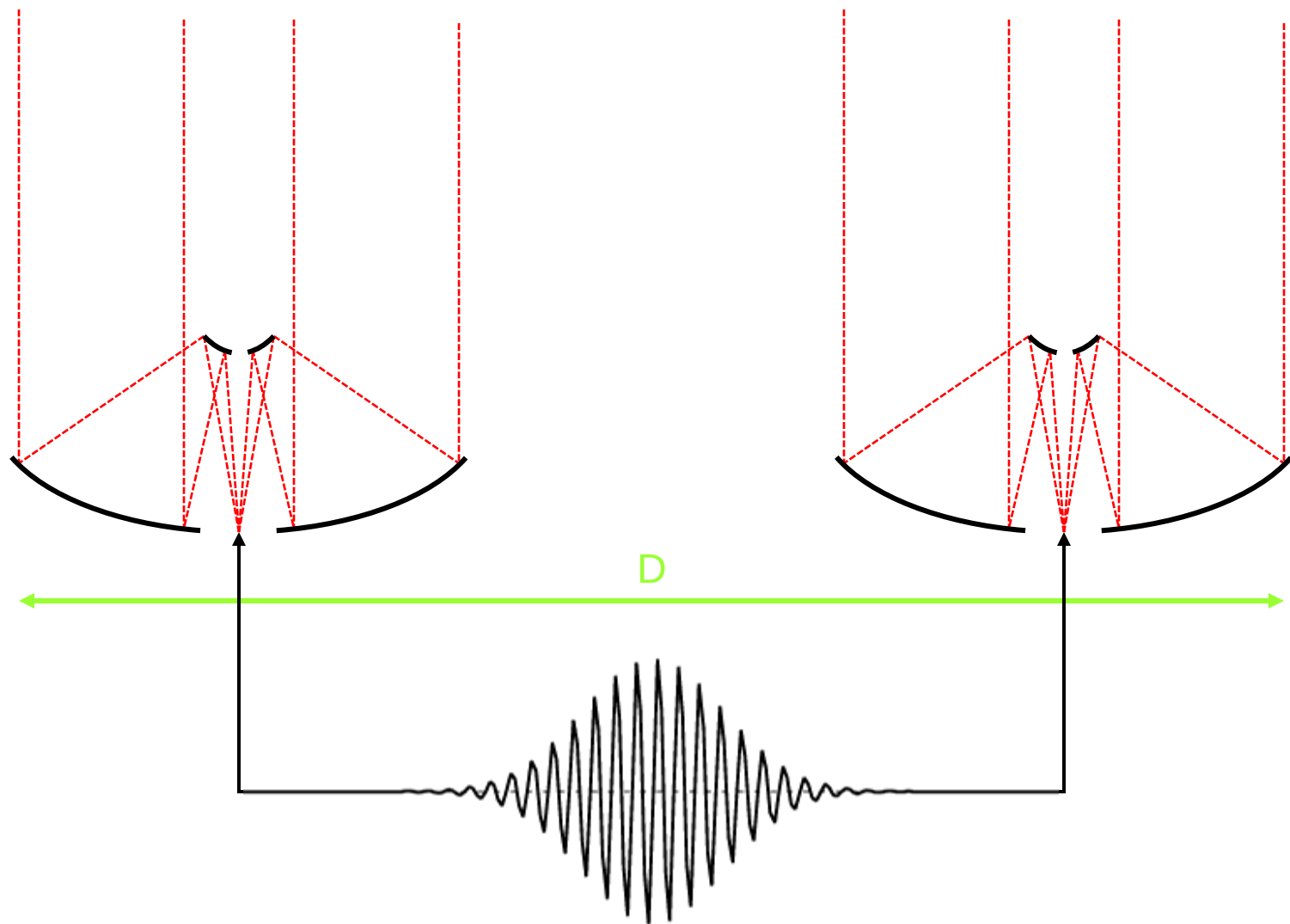














VLA (NM, USA) 27 ραδιοτηλεσκόπια διαμέτρου 25 m

Κεφάλαιο 4

Ραδιοσυμβολομετρία

- Η τεχνική προτάθηκε, κατασκευάστηκε και τελειοποιήθηκε από τον Sir Martin Ryle (βραβείο Nobel Φυσικής 1974) στο Cambridge, UK.
- Σήμερα ραδιοτηλεσκόπια σε όλον τον κόσμο συνδυάζονται με την τεχνική της ραδιοσυμβολομετρίας, επιτυγχάνοντας εξαιρετικά μεγάλη διακριτική ικανότητα.



VLA (NM, USA) 27 ραδιοτηλεσκόπια διαμέτρου 25 m



VLA (NM, USA) 27 ραδιοτηλεσκόπια διαμέτρου 25 m

Ραδιοσυμβολομετρία

- Στο VLA (Very Large Array) η απόσταση των ραδιοτηλεσκοπίων αυξάνεται μέχρι και 21 km. Αυτό δίνει μια διακριτική ικανότητα 0.1 arcsec.
- Το VLBI (Very Large Baseline Interferometer) συνδυάζει ραδιοτηλεσκόπια σε όλον τον κόσμο σε απόσταση 8000 km, επιτυγχάνοντας διακριτική ικανότητα της τάξης του 10^{-3} arcsec ή ακόμη και μερικών 10^{-6} arcsec.

ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ	ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	
Επίγεια μικρά οπτικά τηλεσκόπια (0.12 m)	1 arcsec	
Επίγεια μεγάλα οπτικά τηλεσκόπια (Keck: 10 m)	θεωρητικά 0.01 arcsec (πρακτικά 0.1 arcsec)	
Διαστημικά οπτικά τηλεσκόπια (Hubble: 2.4 m)	0.05 arcsec (diffraction limited optics)	
Ενιαία μεγάλα ραδιοτηλεσκόπια (30 m)	@ 21 cm 1444 arcsec	@ 1 cm 69 arcsec
Μικρά ραδιοσυμβολόμετρα (~ 10 km)	4 arcsec	0.2 arcsec
Μεγάλα ραδιοσυμβολόμετρα (~ 1000 km)	0.04 arcsec	0.002 arcsec (2 mas)
Πολύ μεγάλα ραδιοσυμβολόμετρα (~ 10000 km)	0.004 arcsec	0.0002 arcsec (200 μ as)

Κεφάλαιο 5

Σύγκριση οπτικών τηλεσκοπίων και ραδιοτηλεσκοπίων

ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ

- Τα ραδιοτηλεσκόπια και τα κατοπτρικά οπτικά τηλεσκόπια βασίζονται στην ανακλαστική ιδιότητα της ακτινοβολίας.
- Η παραβολική επιφάνεια βοηθά στη συλλογή των αμυδρών σημάτων σε μικρή επιφάνεια (εστία).

ΔΙΑΦΟΡΕΣ

- Τα ραδιοτηλεσκόπια έχουν πολύ χαμηλότερη διακριτική ικανότητα από τα οπτικά τηλεσκόπια ίδιας διαμέτρου.
- Η διάμετρος των ραδιοτηλεσκοπίων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των οπτικών τηλεσκοπίων.
- Τα ραδιοτηλεσκόπια είναι πολύ πιο εύκολα να κατασκευαστούν και δεν απαιτούν ιδιαίτερη λείανση της ανακλαστικής επιφάνειας.
- Μπορούν να παρατηρούν τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας, ανεξαρτήτως καιρού.

Κεφάλαιο 7

Χαρακτηριστικά ραδιοτηλεσκοπίων

1) Κατηγορία	Απλής ή διπλής ανάκλασης, αξονικό ή μη	
2) Διάμετρος	D	[m]
3) Εστιακή απόσταση	F	[m]
4) Εστιακός λόγος	$f = \frac{F}{D}$	
5) Διακριτική ικανότητα	$\omega = 206265 \times 1.22 \frac{\lambda}{D}$	[arcsec]
6) Μεγέθυνση	$M = \frac{\tan(\frac{\theta_1}{2})}{\tan(\frac{\theta_2}{2})} \approx \frac{\theta_1}{\theta_2}$	
7) Στήριξη	(συνήθως αλταζιμουθιακά)	

Κεφάλαιο 8

~~Μόνιμη εγκατάσταση οπτικών τηλεσκοπίων~~

	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	< 50-80 km/h

Στην εγκατάσταση των ραδιοτηλεσκοπίων δεν υπάρχουν κλιματικοί περιορισμοί !

- 8) Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, καυσίμων, νερού
- 9) Εύκολη πρόσβαση (δρόμος)

TIDAL INTERACTIONS IN M81 GROUP

Stellar Light Distribution



21 cm HI Distribution

