24

ಖಗೋಳದ ಪಿಸುಮಾತು ಆಲಿಸೋಣ

ಎನ್. ಉದಯಶಂಕರ್

ಪುಣೆಯ ಸಮೀಪ ಇರುವ ಜೈಂಟ್ ಮೀಟರ್ ರೇಡಿಯೋ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ (GMRT)

ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಖಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಒಂದು ಹೊಸ ಶಾಖೆಯಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ಅಥವಾ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗದ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಈ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆ ತೆರೆದಿಡುತ್ತದೆ. 10 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್‌ನಿಂದ 1 ಟಿರಾ ಹರ್ಟ್ಜ್‌ವರೆಗಿನ ಕಂಪನಾಂಕವಿರುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವೀಕ್ಷಣೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ಈ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸುಂದರ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಿ, ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವ ವಿಧಾನ ರೂಢಿಸಿಕೊಂಡಿರುವುದೇ ಒಂದು ವಿನೂತನ ಪ್ರಯೋಗ.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ

ಈ ಬರಹದ ಉದ್ದೇಶ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಹುಟ್ಟು, ಇಂದು ಮತ್ತು ನಾಳೆಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಎದುರಿಸಿದ, ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಮಾಪನಗಳ ಸವಾಲುಗಳು, ಅದು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಬಹು ಗಾತ್ರದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ಈ ಉಪಕರಣಗಳ ಬದಲಾದ ರೂಪಗಳನ್ನು ಈ ಪ್ರಬಂಧವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನವು ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವದ ಅತಿ ಅದ್ಭುತ, ರೋಚಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಅನಾವರಣಗೊಳಿಸಿದೆ. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಹೊರಬೀಳುವ ಮೊದಲು (ಅಂದರೆ 1960ರ ಕೆಲವು ದಶಕಗಳ ಮುಂಚೆ) ವಿಶ್ವದ ರಚನೆಯು ತತ್ವಜ್ಞಾನಿಗಳ ಜಿಜ್ಞಾಸೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಇಂದು ವಿಶ್ವ ಉಗಮಗೊಂಡ 14 ಬಿಲಿಯನ್ ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿನ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವ ವಿಷಯವಾಗಿ ಬೆಳೆದಿದೆ (Precision Cosmology). ಇದನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸಿದ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಮುಂದೆ ಮೆಗಾ ಯೋಜನೆಗಳೊಡನೆ ನಿರ್ಮಾಣ ಹಂತದಲ್ಲಿರುವ ಬೃಹತ್ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಹಾಗೂ ಅವುಗಳಿಂದ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಜ್ಞಾನ ವಿಸ್ತಾರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯೋಣ.

ರೋಚಕ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಆರಂಭಗೊಂಡ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ

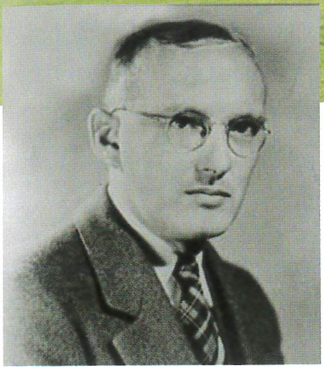
ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಗೆಲಿಲಿಯೋಗೆ ದೊರಕಿದ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಭೌತಿಕ ವಿಶ್ವದ ವ್ಯಾಪಕ ಅರಿವು ನಮಗೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಉಪಕರಣವೊಂದು ನಮ್ಮ ಅರಿವಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹಲವು ಪಟ್ಟು ಹಿಗ್ಗಿಸಿತು. ಕಳೆದ 300 ವರ್ಷಗಳಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಬಗೆಗಿನ ನಮ್ಮ ಅರಿವು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗೆಂದೇ ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಸೀಮಿತಗೊಂಡಿತ್ತು. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಬಹಳ ಕಿರಿದು. ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳು ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹಾದುಬಂದು ನಮ್ಮ ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ದಕ್ಕಬೇಕು. ಇವೆಲ್ಲ ಬದಲಾದದ್ದು 1932ರಲ್ಲಿ.

ಅಮೆರಿಕದ ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಲ್ಯಾಬೋರೇಟರಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಇಂಜಿನಿಯರ್ ಕಾರ್ಲ್ ಜಾನ್ಸ್ಕಿ (Karl Guthe Jansky, 1905–1950) ಅವರು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಆಕಾಶಕಾಯಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ 1 ಮಿಲಿಮೀಟರ್‌ನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಅನೇಕ ಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಆಕಾಶ ವೀಕ್ಷಣೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

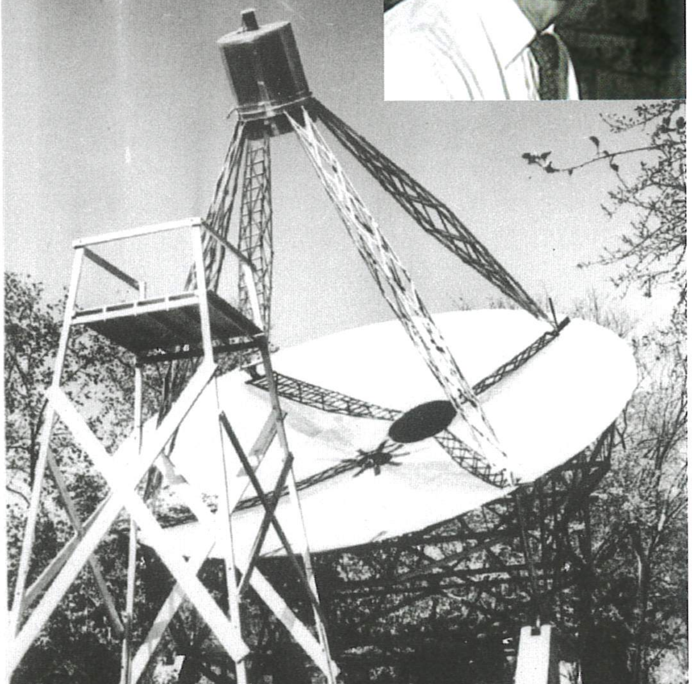
ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಕಂಪನಾಂಕಗಳನ್ನು, ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಗಾತ್ರ, ಉದ್ದಗಲಗಳಿಗೆ ಮೀ., ಕಿ ಮೀ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ.

ಜಾನ್ಸ್ಕಿಯ ಶೋಧನೆ

ಅಮೆರಿಕಾದ A T & T (ಅಮೇರಿಕಾ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಅಂಡ್ ಟೆಲೆಗ್ರಾಫ್) ಕಂಪನಿಯು ಅಟ್ಲಾಂಟಿಕ್ ಸಾಗರದ ಆಚೆಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳ ಮೂಲಕ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಸಂಪರ್ಕ ಜಾಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸಿತು. ಟೆಲಿಫೋನ್ ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದ್ದ ಗ್ರಹಾಂ ಬೆಲ್ ಈ ಕಂಪನಿಯ ಸ್ಥಾಪಕರು (1876). ಇದರಿಂದ 1927ರಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್ ಮತ್ತು ಲಂಡನ್ ನಗರಗಳ ನಡುವೆ ಹರ್ಟ್ಸ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಸಂಪರ್ಕ ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ 5 ಕಿ ಮೀ ತರಂಗಾಂತರದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು (60 ಹರ್ಟ್ಜ್) ಬಳಸಿದ್ದರು. ಇದರ ಮಾರನೇ ವರ್ಷ ಈ ಕಂಪನಿಯು ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ಪ್ರೇಷಕ ಮತ್ತು ರಿಸೀವರ್‌ಗಳನ್ನೂ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಪಡಿಸಿತು. ಅಂದರೆ 10ರಿಂದ 80 ಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಬಳಕೆ ಮಾಡಿತು (ಕಂಪನಾಂಕ 30ರಿಂದ 3.75 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್). ಬೆಲ್ ಕಂಪನಿಯ ಈ ಖಂಡಾಂತರ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಬಲು ದುಬಾರಿಯಾಗಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ ಅನಗತ್ಯವಾದ ಗುಂಯ್‌ಗುಡುವ ಶಬ್ದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬಳಕೆದಾರರಿಗೆ ಕೇಳಿಬರುತ್ತಿತ್ತು. ಈ ಗುಂಯ್‌ಗುಡುವ ಶಬ್ದದ ಮೂಲವನ್ನು ಶೋಧಿಸಿ ಅವನ್ನು ನಿವಾರಿಸುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದು AT&T ಕಾರ್ಲ್ ಜಾನ್ಸ್ಕಿರವರನ್ನು ನೇಮಿಸಿತು. ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಮತ್ತು ಅವರ ಸಂಗಡಿಗರಿಗೆ ರಿಸೀವರ್‌ನಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸದೋಷವಿದ್ದದ್ದು ತಿಳಿಯಿತು. ಇದರ ಹೊರತಾಗಿಯೂ ಕೆಲವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಒಳಗೆ ನುಸುಳುತ್ತಿದ್ದವು. ಇದನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಸಂಶೋಧಿಸಲು ಜಾನ್ಸ್ಕಿರವರು ದೊಡ್ಡದೊಂದು ಆಂಟೆನಾವನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸ ಗೊಳಿಸಿದರು. ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ್ದ ಈ ಬೃಹತ್ ಆಂಟೆನಾವನ್ನು ಜಾನ್ಸ್ಕಿಯ ತಿರುಗು ತೊಟ್ಟಿಲು (Merry Go Round) ಎಂದು ತಮಾಷೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು. ಈ ಆಂಟೆನಾ 20 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್ (14.5 ಮೀಟರ್) ತರಂಗಾಂತರದ ರೇಡಿಯೋ ಸಂದೇಶಗಳನ್ನು ದಾಖಲು ಮಾಡತೊಡಗಿತು. ಚಂಡಮಾರುತಗಳಿದ್ದಾಗ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಗದ್ದಲ (noise) ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೂ ಕ್ಷೀಣವಾದ ಗುಂಯ್‌ಗುಡುವಿಕೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತಿತ್ತು. ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಅವರು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಂದ ನುಸುಳುತ್ತಿದ್ದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಆಕರಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಪ್ರಖರತೆಯನ್ನು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡತೊಡಗಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ದಿನಕ್ಕೊಂದು ಬಾರಿ ಏರಿ ಇಳಿಯುವ ಪರಿಯೊಂದು ಕಾಣಿಸತೊಡಗಿತು. ಏರಿ–ಇಳಿಯುವ ಕಾಲಾವಧಿಯು ನಿಖರವಾಗಿ ಪ್ರತಿ 24 ಗಂಟೆಗಳಿಗೊಮ್ಮೆ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಬಾರಿ ಎಂದು ಗಮನಿಸಿದರು. ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಆಚೆಗಿನ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ಆಕಾಶ ವಸ್ತುಗಳ ಭ್ರಮಣೆಯ ಅವಧಿ ಇದು ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿದರು. ಭೂಮಿಯು ಅದರ ದೈನಂದಿನ ಭ್ರಮಣೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೊ ಆಕರದ ಮುಂದೆ ಹಾದುಹೋಗುವಾಗ ಈ ಮಾಲಿನ್ಯ (ಅನಪೇಕ್ಷಿತ ರೇಡಿಯೋ noise) ಉಂಟಾಗುವುದೆಂದು



ಕಾರ್ಲ್ ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ್ದ ಬೃಹತ್ ಆಂಟೆನಾ



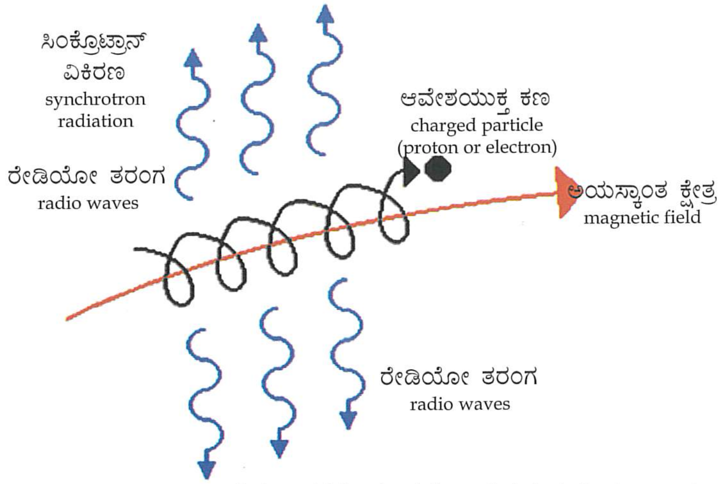
ಗ್ರೋಟೆ ರೆಬೆರ್ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ಯಾರಾಬೋಲಿಕ್ ಆಕಾರದ ಪ್ರಥಮ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ

ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದರು. ವಿಕಿರಣದ ಮೂಲವು ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಕೇಂದ್ರವಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಅಲ್ಲಿಯ ಧನು ರಾಶಿಯ (Sagittarius) ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದಲ್ಲಿ ಸಂಕೇತವು ಪ್ರಬಲವಾಗಿದೆ ಎಂದು ಅವರು ತಮ್ಮ ಸತತ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದರು. 1933ರಲ್ಲಿ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು 'ಪ್ರೊಸೀಡಿಂಗ್ಸ್ ಆಫ್ ರೇಡಿಯೋ ಎಂಜಿನೀರ್ಸ್' ನಿಯತಕಾಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು. ಭೂಮಿಯ ಹೊರಗಣ ಆಕಾಶಕಾಯವೊಂದರಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಹೊಮ್ಮುತ್ತವೆ ಎಂದು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಜಗತ್ತಿಗೆ ತಿಳಿಯಿತು. ಹೀಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನವು ಜನ್ಮತಾಳಿತು.

ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಗರಿಮೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಜಾನ್ಸ್ಕಿಗೆ ಅರಿವಿತ್ತು. ಅವರಿಗೆ ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲೇ ಸಂಶೋಧನೆ ಮುಂದುವರೆಸಿ ಇತರೆ ರೇಡಿಯೋ ಕಾಯ ಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವ ಆಸಕ್ತಿಯಿತ್ತು. ಆದರೆ ಕಂಪನಿಗೆ ತನ್ನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬಾರದ ಸಂಶೋಧನೆಗಾಗಿ ಹಣ ವ್ಯಯ ಮಾಡುವುದು ಬೇಕಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿದ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಕೈಗೆತ್ತಿಕೊಳ್ಳ ಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಖಿನ್ನತೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿ 44ನೇ ವಯಸ್ಸಿಗೆ ತೀರಿಕೊಂಡರು. ಈಗ ಖಗೋಳ ರೇಡಿಯೋ ಆಕರಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಮಾನಕ್ಕೆ ಅವರ ಗೌರವಾರ್ಥ ಜಾನ್ಸ್ಕಿ (Jy) ಎಂಬ ಹೆಸರಿದೆ. ಒಂದು ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಮಾನವು = 10^{-26} ವಾಟ್ಸ್ /ಸ್ಕ್ವೇರ್ ಮೀಟರ್ /ಹರ್ಟ್ಜ್. ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಹರ್ಟ್ಜ್ ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚದರ ಮೀಟರ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ 10^{-26} ವಾಟ್ ಶಕ್ತಿ ಇದ್ದಾಗ ಒಂದು ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಮಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ನ್ಯಾಷನಲ್ ರೇಡಿಯೋ ಅಸ್ಟ್ರಾನಮಿ ಕೇಂದ್ರವು ಅವರ ಗೌರವಾರ್ಥ, ಅದರ ಬೃಹತ್ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಸಾಲಿಗೆ ಮಾರ್ಚ್ 2012ರಲ್ಲಿ The Karl G. Jansky Very Large Array (JVLA) ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿತು.

ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು

1937ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕದ ಇಂಜಿನಿಯರ್ ಗ್ರೋಟೆ ರೆಬೆರ್ ಅವರು (Grote Reber, 1911–2002) ವೀಟಾನ್ (ಇದು ಅಮೆರಿಕದ ಇಲಿನಾಯ್ ರಾಜ್ಯದಲ್ಲಿದೆ) ನಗರದಲ್ಲಿದ್ದ ತಮ್ಮ ತಾಯಿಯ ಮನೆಯಂಗಳದಲ್ಲಿ ಮರದ ಹಲಗೆಗಳು ಮತ್ತು ಫೋರ್ಡ್ ಲಾರಿಯ ಬಿಡಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಪ್ಯಾರಾಬೋಲಿಕ್ ಆಕಾರದ ಪ್ರಥಮ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದರು. ಈಗ ಬಹಳ ಜನಪ್ರಿಯವಾಗಿರುವ ಟಿವಿ ಆಂಟೆನಾ ಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತಿತ್ತು. ಅವರಿಗೆ ಹವ್ಯಾಸಿ ರೇಡಿಯೋ ಬಳಕೆಯ ಪರಿಣತಿ



ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯ ವಿವರಣೆ. ಯಾವುದೇ ಆವೇಶಯುಕ್ತ ಕಣ (charged partical) ಪ್ರಬಲ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಅದರ ಕ್ಷೇತ್ರ ರೇಖೆಗಳ ಸುತ್ತ ಸುರುಳಿಯ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಗವರ್ಧನೆಯ ಕಾರಣ ಅದು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಇರವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಇತ್ತು. ರೇಡಿಯೋ ಜ್ಞಾನವೂ ಮತ್ತು ಇಂಜಿನಿಯರ್ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸವು ಈ ಸಾಹಸಕ್ಕೆ ಇಂಬು ನೀಡಿದ್ದವು. ಅವರು ಇಡೀ ಆಕಾಶದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಮೂಲಗಳ ಪಟ್ಟಿ ತಯಾರಿಸಿದರು. ಅನೇಕ ಗೆಲಾಕ್ಸಿಗಳು, ಸೂಪರ್ನೋವಾಗಳ ಪ್ರಖರತೆ ಹಾಗೂ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸಿದರು. ರೆಬೆರ್ ಮೊದಲಿಗೆ, 3300 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್ ಮತ್ತು 900 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ರಿಸೀವರ್‌ಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ ಯಾವುದೇ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳಿಂದ ಹೊಮ್ಮಿದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ದಾಖಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಬಳಿಕ 160 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್ ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ದೂರದರ್ಶಕವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು 1950ರವರೆಗೆ ವಿವರಿಸಲಾಗದೇ ಉಳಿದಿದ್ದ ಖಗೋಳ ವಿದ್ಯಮಾನವೊಂದನ್ನು ವಿಶದಗೊಳಿಸಿದವು. ಖಗೋಳ ಆಕರಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳು ಕಪ್ಪು ಕಾಯಗಳ ಉಷ್ಣ ವಿಕಿರಣ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಡುವಂತಹವು. ಹೀಗಿದ್ದಾಗ ಖಗೋಳದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯುಷ್ಣ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಇತರೆ ಕಾಯಗಳು ಇರುವಾಗ ಉನ್ನತಶಕ್ತಿಯ ತರಂಗಗಳ ತೀವ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಿರಬೇಕೆಂಬುದು ತರ್ಕ ಸಮ್ಮತವೆನ್ನಿಸಿತ್ತು. ಆದರೆ ರೆಬೆರ್ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ತಿರುಗ–ಮುರಗ ಆಗಿತ್ತು. ಅಂದರೆ ಕ್ಷೀಣ ಶಕ್ತಿಯ ತರಂಗಗಳೇ ಎಲ್ಲೆಡೆ ಕಂಡುಬಂದವು. 1950ರಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೂ ಸಿಕ್ಕಿತು – ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್ ವಿಕಿರಣ. (ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ಎಕ್ಸ್–ಕಿರಣಗಳ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ.) ಆಕಾಶಕಾಯಗಳು ಹೊರಸೂಸುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಇದು ವಿವರಿಸಿತು.

ರೆಬರ್ ಯುಗದೊಂದಿಗೆ, ಖಗೋಳಜ್ಞರು ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಹೊಸ ರೋಹಿತದ ಕಿಟಕಿಯನ್ನೇ ತೆರೆದಂತೆ ಆಯಿತು. ಇದು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವರೂಪದ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಮಾರ್ಪಡಿಸಿತು. ಉಷ್ಣತೆಯ ಕಾರಣ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಕಾಯಗಳ ಅಧ್ಯಯನವು ದೃಕ್ ಅಂದರೆ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬುದು ಇಂದೂ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿದೆ; ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಷ್ಣವಲ್ಲದ ಮೂಲಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ವಿಭಿನ್ನ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು, ತತ್ವಗಳು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆ.

ಮೊದಲ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು

ಸುಮಾರು ಒಂದು ಶತಮಾನದ ಹಿಂದೆ ವಿಲಿಯಂ ಬ್ರಾಗ್ (William Bragg, 1842–1962) ಅವರು ಬೆಳಕು ನಮಗೆ ವಿಶ್ವದ ಸುದ್ದಿಯನ್ನು ಹೊತ್ತು ತರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರು. ಗ್ರಹಗಳು, ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಉಗಮವಾಗಿ ನಮ್ಮನ್ನು ಹಾದುಹೋಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಆ ಕಾಯಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ, ಸ್ಥಾನಗಳು, ಚಲನೆಗಳು, ಘಟಕಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ಆಸಕ್ತಿದಾಯಕ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ. ಇಂದಿಗೂ, ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರದ ವಿಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸುವ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆಕಾಶದಿಂದ ಪಡೆದ ವಿಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಹಾಗೂ ಅದರ ವ್ಯತ್ಯಯಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ಸ್ಥಾನ, ಅಂದರೆ ಎರಡು ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳು, ಅವು ಹೊರಸೂಸುವ ವಿಕಿರಣದ ಆವರ್ತನ ಸಂಖ್ಯೆ (ಅಂದರೆ ರೋಹಿತ), ದಾಖಲಿಸಿದ ಸಮಯ ಹಾಗೂ ವಿಕಿರಣದ ಧ್ರುವೀಕರಣ – ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳು ತೀವ್ರತೆ ಹಾಗೂ ವ್ಯತ್ಯಯವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ. ಗಣಿತ ರೀತ್ಯಾ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಈ ಎಲ್ಲ ಧಾತುಗಳ ಫಲನವೇ (function) ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ ದಾಖಲಿಸುವ ತೀವ್ರತೆಯ / ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಮೌಲ್ಯ. ಈ ಅವಲಂಬನೆಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ, ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನ ಮತ್ತು ಕಾಯಗಳ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ವಿಕಿರಣಗಳ ಧ್ರುವೀಕರಣದ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಆ ಕಾಯಗಳ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಧ್ಯಮದ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿತರಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ.

ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಅದರ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದ (Resolving Power) ಅಳೆಯುತ್ತೇವೆ. ಪರಸ್ಪರ ಹತ್ತಿರವಿರುವ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಅದು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ತೋರಿಸಬಲ್ಲುದೆ ಎಂಬ ಅಂಶ. ಈ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟು ವಿಕಿರಣದ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಅನುಕೂಲ. ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಕೋನಮಾನದಿಂದ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಕೋನವು (radians) = (1.22 x ತರಂಗ ದೂರ) / ದೂರದರ್ಶಕದ ವ್ಯಾಸ

$$\theta \text{ (radians)} = 1.22\ \lambda/d$$

(ಗಮನಿಸಿ: ತರಂಗದೂರ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ವ್ಯಾಸವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. 1ಮೀ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕ (ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ) ಒದಗಿಸುವ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆಯಲು 100 ಕಿಮೀಗಿಂತ ದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ!)

ಆರಂಭಿಕ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೊ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಎದುರಿಸಿದ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನು ಈ ಸಮೀಕರಣ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣದನ್ವಯ, ಸುಮಾರು 10 ಮೀ ವ್ಯಾಸದ, 160 MHz ಕಂಪನಾಂಕದ ರೆಬರ್ ದೂರದರ್ಶಕದ (ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ಮುಂದೆ ಹೇಳಲಾಗಿದೆ) ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಸುಮಾರು 14 ಡಿಗ್ರಿಗಳು. ಇದನ್ನು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿ. ಕೆಲವೇ ಮಿಮೀ ಗಾತ್ರದ ಕಣ್ಣಿನ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಆರ್ಕ್‌ಮಿನಿಟ್ ಅಂದರೆ 1/60 ಡಿಗ್ರಿ. ಇದು 160 MHzನಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ 10 ಮೀ ವ್ಯಾಸದ ರೇಡಿಯೊ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ 50,000ಪಟ್ಟು ಉತ್ತಮವಾಗಿದೆ. ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳು ಸುಮಾರು 3.6 ಕಿಮೀ ದೂರದಲ್ಲಿ ಬರುತ್ತಿರುವ 1 ಮೀ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ಕಾರಿನ ಎರಡು ದೀಪಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ನೋಡಬಲ್ಲವು; ಆದರೆ 5–6 ಕಿಮೀ ದೂರದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲಾರವು. ರೆಬರ್ ದೂರದರ್ಶಕ 1 ಮೀ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ರೇಡಿಯೋ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಕೇವಲ 4 ಮೀ ದೂರದಿಂದ ಮಾತ್ರ ವಿಘಟಿಸಬಲ್ಲವು. ಇದೇ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆರಂಭಿಕ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಎದುರಿಸಿದ ಸವಾಲು. ಕಡಿಮೆ ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿ (ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರಗಳು) ವೀಕ್ಷಿಸಲು ದೊಡ್ಡ ವ್ಯಾಸದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಅಗತ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಂಪನಾಂಕಗಳಿಗೆ ಬದಲಿಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂವೇದನೆಯ ಅಗತ್ಯ

ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಂಪನಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಆಕಾಶದ (ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಆಕಾಶ) ಹೊಳಪು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

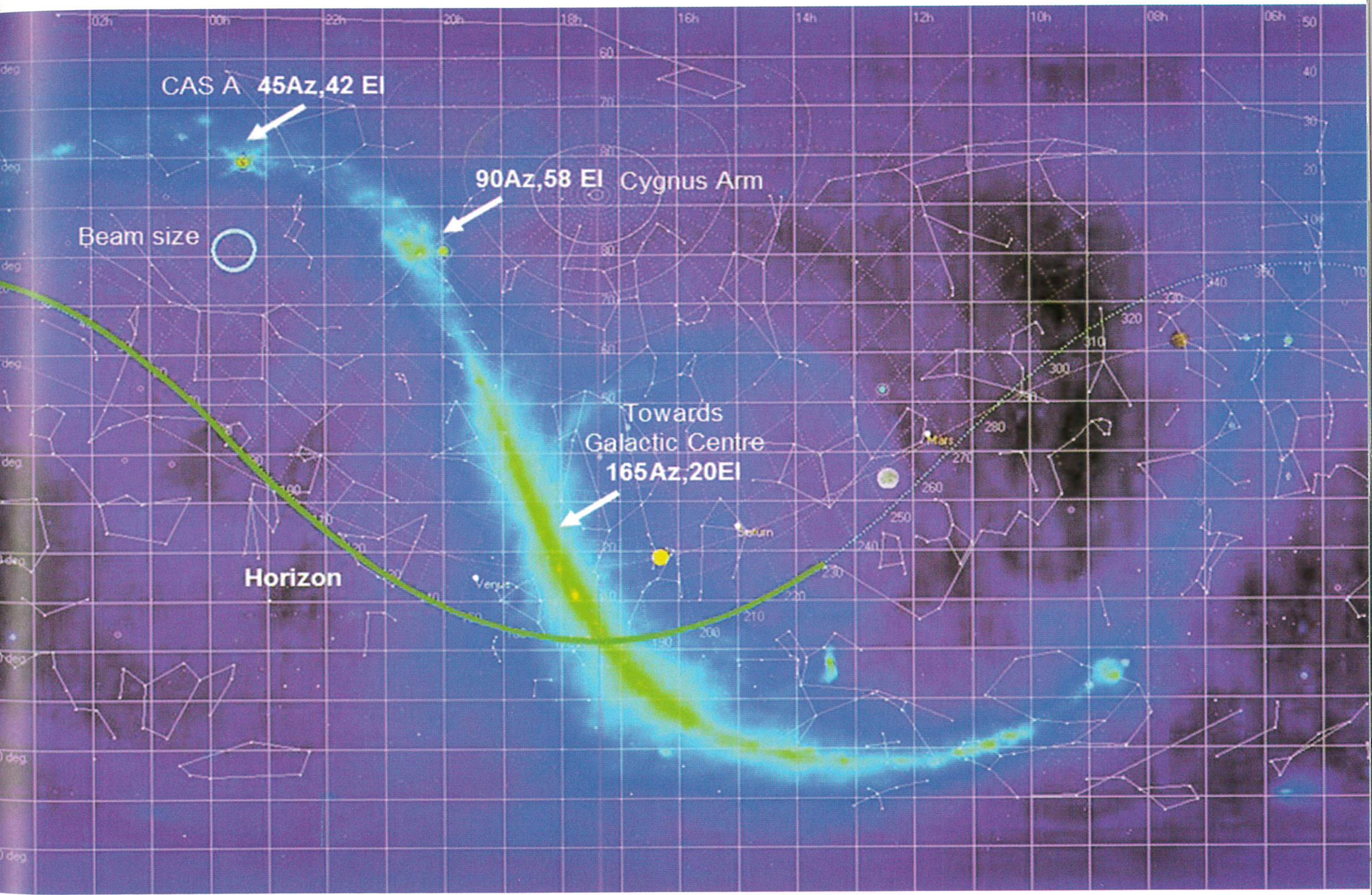
ಈಗ ಬಹಳ ಜನಪ್ರಿಯವಾಗಿರುವ ಟಿವಿ ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ಹೋಲುವ ಒಂದು ಪ್ಯಾರಾಬೋಲಿಕ್ ಆಕಾರದ ಡಿಷ್ ಆಂಟೆನಾ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ನಂತರ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಜ್ಞರು ಈ ವಿಘಟನೆಯ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಎದುರಿಸಿದರು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ನಾವು ಹಿಂತಿರುಗೋಣ.

ಡಿಶ್ ಆಂಟೆನಾ – ತೆರೆದ ಬೋಗುಣಿಯ ದೂರದರ್ಶಕ

ಒಂದು ಮಿಲಿಮೀಟರ್‌ನಿಂದ ಹಲವಾರು ಮೀಟರ್‌ಗಳವರೆಗಿನ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬಹುದಾದ ತೆರೆದ ಬೋಗುಣಿಯಂತೆ ಕಾಣುವ, ಪ್ಯಾರಾಬೋಲಿಕ್ ಡಿಶ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ದೃಕ್ ಬೆಳಕಿನ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಂತೆಯೇ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ಖಗೋಳ ಕಾಯಗಳು ಹೊರಸೂಸುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ಯಾರಾಬೋಲಿಕ್ ದೂರದರ್ಶಕವು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಅದರ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ (focus) ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುತ್ತದೆ. ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಸಂಜ್ಞಾಪರಿವರ್ತಕವು, (ಪ್ರೇಷಕ) ಒಳಬರುವ ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. (ಉದಾ: ಧ್ವನಿ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಮೈಕ್‌ನಂತೆ). ಹೀಗೆ ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕಲ್ ಸಿಗ್ನಲ್ ಅನ್ನು ಕೇಬಲ್ ಬಳಸಿ ರಿಸೀವರ್‌ಗೆ ಹಾಯಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತವನ್ನು ವರ್ಧಿಸುವುದು ರಿಸೀವರ್‌ನ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಕಾರ್ಯ. ಇದು ಆಕಾಶದಿಂದ ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ ಸಿಗ್ನಲ್‌ಗೇ ಆದಷ್ಟೂ ಕಡಿಮೆ ಸ್ವಯಂ–ರಚಿತ ಆದರೆ ಅನಪೇಕ್ಷಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುತ್ತದೆ. ರಿಸೀವರ್‌ನ ಕೊನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಅನ್ನು ವರ್ಗೀಕರಿಸಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ (ಇದನ್ನು ಕಿಟಕಿ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ integration window) ಉತ್ಪಾದನೆಯಾದ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಸರಾಸರಿಯನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸುತ್ತದೆ (ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳಲ್ಲಿ ಎಕ್ಸ್‌ಪೋಷರ್ ಅವಧಿ ಇದ್ದ ಹಾಗೆ). ಈ ಮೌಲ್ಯ ದೂರದರ್ಶಕ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳಿಂದ ಒಗ್ಗೂಡಿಸಿದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಅಳತೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ



408 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್ ಕಂಪನಾಂಕದ ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷೆಯ ಒಂದು ಮಾದರಿ. ವಿವರಣೆಗೆ ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಆಕಾಶದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ದೂರದರ್ಶಕದ ದೃಷ್ಟಿಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಬಿ ಎಂಬ ವೃತ್ತ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸಣ್ಣ ಆಕರವನ್ನು ಅದು ವಿಘಟಿಸಲಾರದು. ದೂರದರ್ಶಕದ ಕ್ಷಿತಿಜವನ್ನು horizon ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರಬಲ ರೇಡಿಯೋ ಆಕರಗಳು Cas A, (@45Az, 42E) Cygnus (@90Az58E), ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಕೇಂದ್ರ (Galactic Centre) ಅತಿ ಪ್ರಬಲವಾದದ್ದು. (ಹಸಿರು ಬಣ್ಣ). ತಿಳಿನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ್ದು ಕ್ಷೀಣ ಆಕರಗಳು. ಇದರ ವಿವರಗಳನ್ನು ಡೇವಿಡ್ ಮಾರ್ಗನ್ ಅವರ ವೆಬ್‌ಸೈಟ್‌ನಲ್ಲಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಖರತೆಯನ್ನು ಅಳೆಯುವಂತೆಯೇ ಇದು. ಈ ವಿಭಾಗದ ಉತ್ಪಾದನೆಯನ್ನು, ಸಮಯದ ಮಾಹಿತಿ, ಅವಧಿ (ಕಿಟಕಿಯ ಅಗಲ ಸೆಕೆಂಡ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ) ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶಕ ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ರೆಕಾರ್ಡ್ ಮಾಡಲು ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ಗೆ ನೀಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಳೆಯಲಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತದ ಶಕ್ತಿಯು ಆಂಟೆನಾದ ವೀಕ್ಷಣಾ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ (ಮೂಲದ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ) ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಆಕಾಶದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯಲು, ಒಂಟಿ ಡಿಶ್ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಕಂಟ್ರೋಲ್ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ಬಳಸಿ ಆಕಾಶದ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ತಿರುಗಿಸಿ, ಆಯಾ ಭಾಗಗಳ ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಕ್ಷೆಗಳು ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಇದು ಕಪ್ಪು ಕಾಯವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದರ ಉಷ್ಣತೆ ಎಷ್ಟಿರುತ್ತಿತ್ತು ಎಂದು ರೆಲೆ – ಜೀನ್ಸ್ (Rayleigh- Jeans) ನಿಯಮಗಳ ಅನುಸಾರ ಉಷ್ಣತೆಯ ಮಾಪನದಲ್ಲಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯ ಮೂಲಗಳು ಇತರ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಖರವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಮಾದರಿ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಆರಂಭದಿಂದಲೂ ಇಡೀ ವಿಶ್ವದ ರೇಡಿಯೋ ಕಾಯಗಳ ವಿಸ್ತೃತ ನಕ್ಷೆ ತಯಾರಿಸಲು ಅನೇಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಾಗಿವೆ. ಇದರಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಪ್ರಖರತೆ ಹಾಗೂ ಚದರುವಿಕೆಗಳು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. 1982ರಲ್ಲಿ ಹಸ್ಲಾಮ್ (Glynn Haslam, 1936–2013) ಮತ್ತು ಅವರ ಸಹಯೋಗಿಗಳು ತಯಾರಿಸಿದ 408 MHzನ ರೇಡಿಯೊ ನಕ್ಷೆ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ರೇಡಿಯೊ ನಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ಜೋಡ್ರೆಲ್ ಬ್ಯಾಂಕ್‌ನ MkI 250-ft, Effelsberg 100m, Parkes 64m ಮತ್ತು Jodrell Bank MkIA ಹೀಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸಿ ರಚಿಸಿದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಆಕಾಶದ ನಕ್ಷೆ ಇದಾಗಿದೆ. ಇದು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ನಾಲ್ಕು ಸ್ಥಳಗಳಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವಂತೆ ಸಂಯೋಜಿಸಲಾಗಿದೆ.

ನಮ್ಮ ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿಯಿಂದ ಹರಡಿರುವ ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಮತ್ತು ವಿಶ್ವದ ಮುಂಜಾನೆ ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವದ ಮರು–ಅಯಾನೀಕರಣ ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಗೊಂಡ ಅತಿ ಕ್ಷೀಣ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಮುನ್ನೆಲೆಗಳನ್ನು (ಮುನ್ನೆಲೆಯ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು) ತೆಗೆದುಹಾಕುವ ಮಾದರಿಯಂತೆ ಈ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಧುನಿಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು

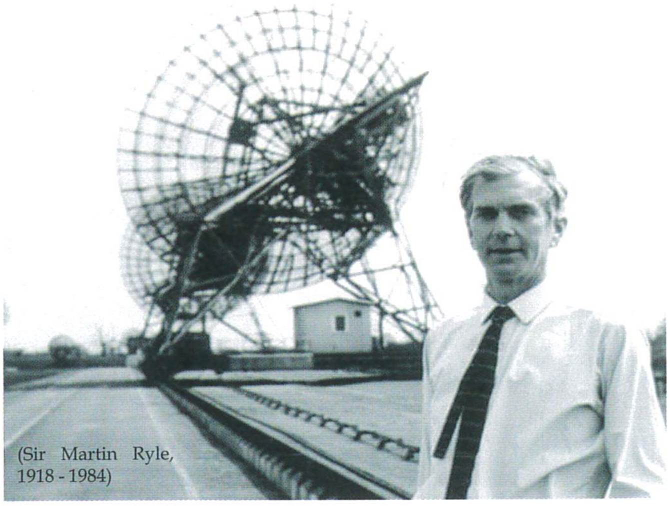
1974ರಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿಯನ್ನು ಸರ್ ಮಾರ್ಟಿನ್ ರೈಲ್ ಅವರಿಗೆ 'ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ' ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣಾ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ ಮತ್ತು ಪಲ್ಸಾರ್‌ಗಳ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕಾಗಿ ಅಂತೋಣಿ ಹ್ಯುವಿಶ್ ಅವರಿಗೆ ಜಂಟಿಯಾಗಿ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರ ನೀಡಲಾಯಿತು.

1920ರಲ್ಲಿ ಆರ್ದ್ರಾ (Betelgeuse) ನಕ್ಷತ್ರದ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮಾಪನ ಮಾಡಿದ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಅವರು ಖಗೋಳ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣ ತಂತ್ರದ ಅನ್ವಯ ಪರ್ವವನ್ನೇ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರು ಎಂದು ತಿಳಿದೆವಲ್ಲವೇ? ಈ ತಂತ್ರದಿಂದ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ಕೋನೀಯ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 3,600 ಪಟ್ಟು ಕಿರಿದಾದ (.043 ಆರ್ಕ್‌ಸೆಕೆಂಡ್ ಕೋನೀಯ ವ್ಯಾಸ) ಆರ್ದ್ರಾ ನಕ್ಷತ್ರದ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಯಿತು.

ಒಂದು ಸ್ಫಟಿಕದ ರಚನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಎಕ್ಸ್–ರೇ ವಿವರ್ತನೆಯ (diffraction) ಮಾದರಿಗೆ ಫೋರಿಯರ್ ಗಣಿತದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು ಎಂದು ವಿಲಿಯಂ ಬ್ರಾಗ್ 1929ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದರು. 1939ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಬ್ರಾಗ್ಸ್ ಎಕ್ಸ್–ರೇ ಸ್ಫಟಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಗುಂಪು ಕ್ಯಾವೆಂಡಿಷ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರವರ್ಧಮಾನಕ್ಕೆ ಬಂದಿತ್ತು. ಇವು ದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣಾ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲವಾದ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿತು.

ಆರಂಭಿಕ ರೇಡಿಯೊ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಕಡಿಮೆ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹಾಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯ ಕಾರಣ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಸೀಮಿತ ವಾಗಿತ್ತು ಎಂದು ರೈಲ್ ತಮ್ಮ ನೊಬೆಲ್ ಉಪನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ವಿಕಿರಣಗಳ ಮೂಲದ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಯಾವುದೇ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಸಾಧ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಯಾವುದೇ ಆಕಾಶ ಕಾಯದ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಅಲ್ಲದೆ ರೇಡಿಯೊ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳಿಂದ ಗೋಚರವಾಗುವ ಕಾಯಗಳೊಂದಿಗೆ ಗುರುತಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಕಡಿಮೆ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದ ನಿಷ್ಫಲವಾಗಿದ್ದುವು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ರೈಲ್ ಹಾಗೂ ಅವರ ತಂಡಕ್ಕೆ ಸವಾಲು ಎದುರಿಸಲು ಸ್ಫೂರ್ತಿ ನೀಡಿತು. ಅವರು 'ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ' ಎಂಬ ತತ್ವವನ್ನು ವಿವರಿಸಿದರು. ರೇಡಿಯೊ ಚಿತ್ರಗಳ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹತ್ತಾರು ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಂದ ಒಂದು ಆರ್ಕ್ ಸೆಕೆಂಡಿನ ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೊ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರದ ಮಿತಿಗಳನ್ನು ಡೆಕಾ–ಮೀಟರ್‌ನಿಂದ ಉಪ–ಮಿಲಿಮೀಟರ್ (sub mm) ತರಂಗಾಂತರಗಳವರೆಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಲು ಇದು ಸಹಕಾರಿಯಾಯಿತು.

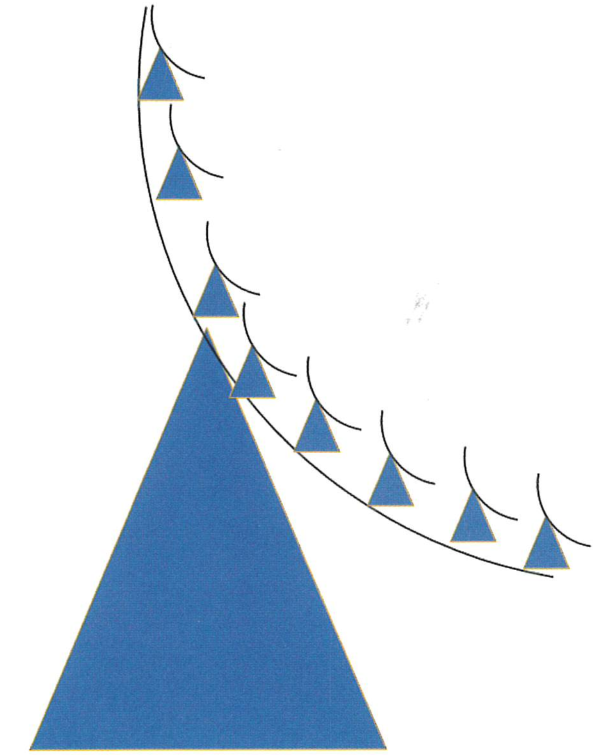
ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣ (Interefernce) ತತ್ವಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಅದರ ತತ್ವವನ್ನು ಸಂಕ್ಷೇಪವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು.



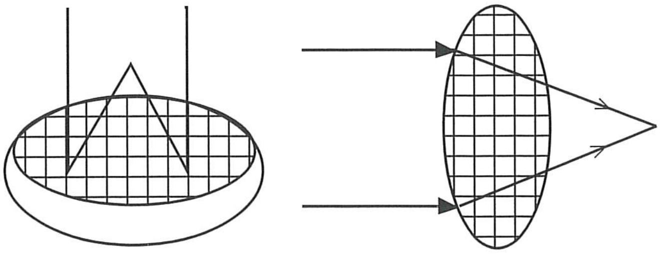
ಮಾರ್ಟಿನ್ ರೈಲ್ ಅವರು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅನೇಕ ಅನ್ವಯಗಳು ಹಾಗೂ ಗಣಿತದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ವೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಹೊಸ ತಿರುವನ್ನೇ ಕೊಟ್ಟವು. ಭೂಮಿಯ ಭ್ರಮಣೆಯನ್ನೇ ಅವರು ಬಳಸಿದ ವಿಧಾನವಂತೂ ಅನೂಹ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿತು.

ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಂತೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವೂ ತರಂಗಗಳನ್ನು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯದ ವರ್ಗವನ್ನು ಪ್ರೇಷಕಕ್ಕೆ ತಲುಪಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಸ್ತುಕವನ್ನು (objective) ಹಲವಾರು ಬಿಡಿ ಭಾಗಗಳ ದೊಡ್ಡ ಚೌಕ ಎಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಈಗ ನಾವು ಮಸೂರವನ್ನು ಚೌಕ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ 16 ಸಣ್ಣ ಚೌಕಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಜಿಸೋಣ. ಒಂದೊಂದನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿ ತೆಗೆಯುವ ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ಯಾವುದೇ ಎರಡನ್ನೋ, ಮೂರನ್ನೋ ತೆಗೆಯಬಹುದು. ಒಂದನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೆಗೆದಾಗ ಒಟ್ಟು ವಿಸ್ತೀರ್ಣದ ಹದಿನಾರನೇ ಒಂದು ಭಾಗ 1/16 ಮಾತ್ರ ಸಂಗ್ರಹಣೆಗೆ ಲಭ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕಾಲು ಭಾಗ 1/4 ದೊರೆಯುತ್ತದೆ (ಎಕ್ಸ್ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ 1/16 ಮತ್ತು ವೈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ 1/16).



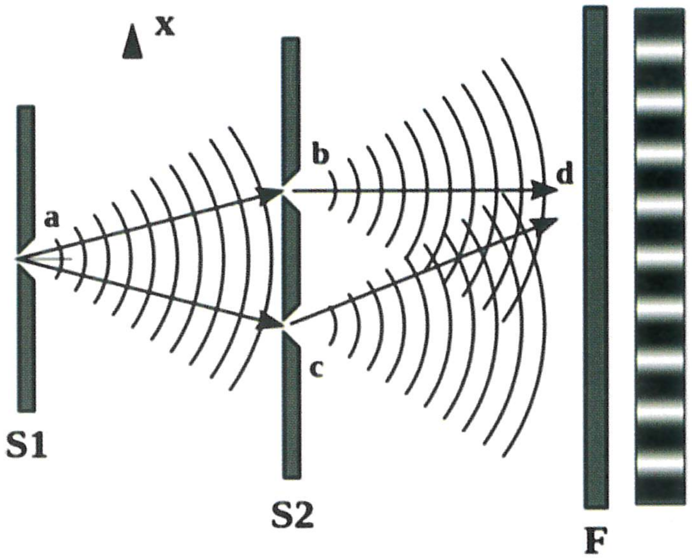
ಅನೇಕ ಪುಟ್ಟ ಡಿಶ್‌ಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಜೋಡಿಸಿ ಒಂದೇ ದೊಡ್ಡ ಡಿಶ್‌ನಂತೆ ಬಳಸುವ ಬದಲು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪುಟ್ಟ ಡಿಶ್ ಒದಗಿಸುವ ಸಿಗ್ನಲ್ ಅನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಗಣಿತ ತತ್ವಗಳಿಂದ ಒಟ್ಟು ಮಾಡಬಹುದು.



ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳೆರಡರ ಮೂಲತತ್ವವೆಂದರೆ ಅದರ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದ (ಡಿಶ್ / ವಸ್ತುಕ ಮಸೂರ) ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದು. ಆದರೆ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಎರಡೂ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು.

A11	A12	A13	A14
A21			
A31			
A41	A42	A43	A44

ಇದೀಗ ಎರಡು ಚೌಕಗಳನ್ನು ತೆರೆಯುತ್ತೇವೆ, ಎಂದರೆ ಎರಡು ಕಿಂಡಿಗಳಿಂದ ಬೆಳಕು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ವ್ಯತಿಕರಣ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಇದು ನೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಥಾಮಸ್ ಯಂಗ್ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗವೇ. ಎರಡು ಕಿಂಡಿಗಳಿಂದ ಕಪ್ಪು – ಬಿಳಿ ಪಟ್ಟಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಮೂಡುತ್ತದೆ. ಈ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಗಲ ಮತ್ತು ಓರೆಕೋನವನ್ನು ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ಕಿಂಡಿಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ.



ವ್ಯತಿಕರಣದ ತತ್ವದ ವಿವರಣೆ. ಬಿ ಮತ್ತು ಸಿ ಎಂಬ ಎರಡು ಕಿಂಡಿಗಳಿಂದ ಬರುವ ತರಂಗಗಳ ತರಂಗಾಂತರ ಹಾಗೂ ಕಿಂಡಿಯ ನಡುವಿನ ಅಂತರದಿಂದ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಮೂಡಿಸುವ ಕಪ್ಪು ಬಿಳಿ ಪಟ್ಟಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ನಿರ್ಧಾರವಾಗುತ್ತದೆ.

16 ಚೌಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಎರಡನ್ನು ಆರಿಸಿದರೂ ಇಂತಹ ವಿನ್ಯಾಸಗಳು ಮೂಡುತ್ತವೆ. ಇದರ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಎಷ್ಟು? 16ರಲ್ಲಿ 2ನ್ನು ಎಷ್ಟು ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಆರಿಸಬಹುದು? ಗಣಿತದಲ್ಲಿ (combination) ವಿಕಲ್ಪ ಎಂಬುದರ ಅನ್ವಯ 16 X 15 / 2 ಅಂದರೆ 120 ಸಾಧ್ಯತೆಗಳಿವೆ.

ಇದೀಗ ನಾವು ಎಲ್ಲ ಕಿಂಡಿಗಳನ್ನೂ ತೆರೆದರೆ ಒಟ್ಟು 120 ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸಗಳು ಮತ್ತು 16 ನೇರ ಪ್ರಸಾರಗಳು (ಒಂದೇ ಕಿಂಡಿಯಿಂದ ಬಂದದ್ದು) ಇವೆಲ್ಲವೂ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ.

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ನಿಜ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಮಾರ್ಟಿನ್ ರೈಲ್ ಅವರು ವಿವರಿಸಿದ್ದನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ. ಈ ಲೆಕ್ಕದಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಾಗುವುದು ಕಿಂಡಿಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ

ವಿಕಲ್ಪ ಎಂದರೆ n ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ r ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ವಿಧಾನಗಳು. ^nC_r ಎಂದು ಬರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಮಾತ್ರ. ಆದ್ದರಿಂದ 16 ಕಿಂಡಿಗಳ ಚೌಕಾಕಾರದ ಬದಲು T ಅಕ್ಷರದ ಆಕಾರದ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಬಳಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕ್ಷಮತೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

W3	W2	W1	Centre	E1	E2	E3
			N1			
			N2			
			N3			

ಇಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ದೊರಕುವುದು (W3+W2+W1+C+E1+E2+E3) X (C+N1+N2+N3). ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯವೊಂದಿದೆ. ಚೌಕದ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ (A11, A12), (A12,A13) ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ. ಆದರೆ (A11 and A12) , (A11 and A21) ಇವೆರಡೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ. ಹಾಗೆಯೇ (A34 A41) , (A11 A44) ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ಒಂದೇ ಆದರೂ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಗಣನೆಗೆ ಬರುತ್ತವೆ.

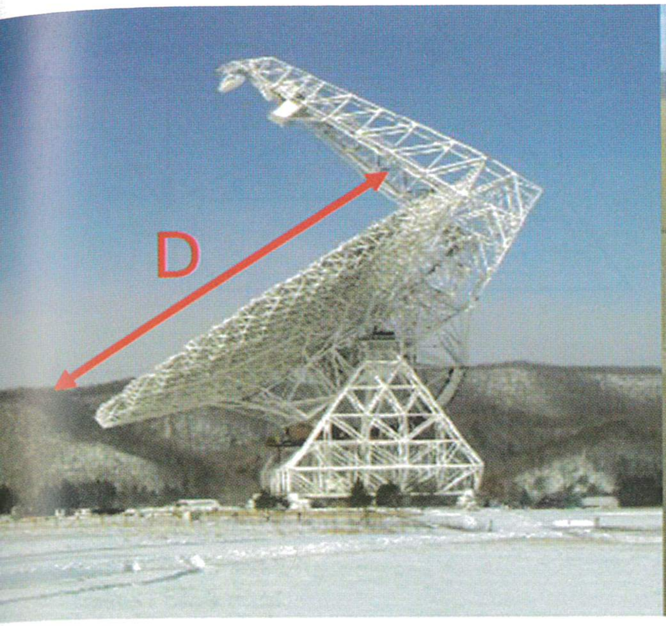
ಇದು ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬಹು ದೊಡ್ಡ ನೆರವಾಯಿತು. ಗೌರಿಬಿದನೂರಿನಲ್ಲಿ ಇದೇ ತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ T ಆಕಾರದ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವಿದೆ. 1 km x 0.5 km ಅಳತೆಯ ಈ ವಿನ್ಯಾಸ 34.5 ಮೆಗಾ ಹರ್ಟ್ಜ್ ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. 0.5 ಡಿಗ್ರಿಗಳ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದೆ.

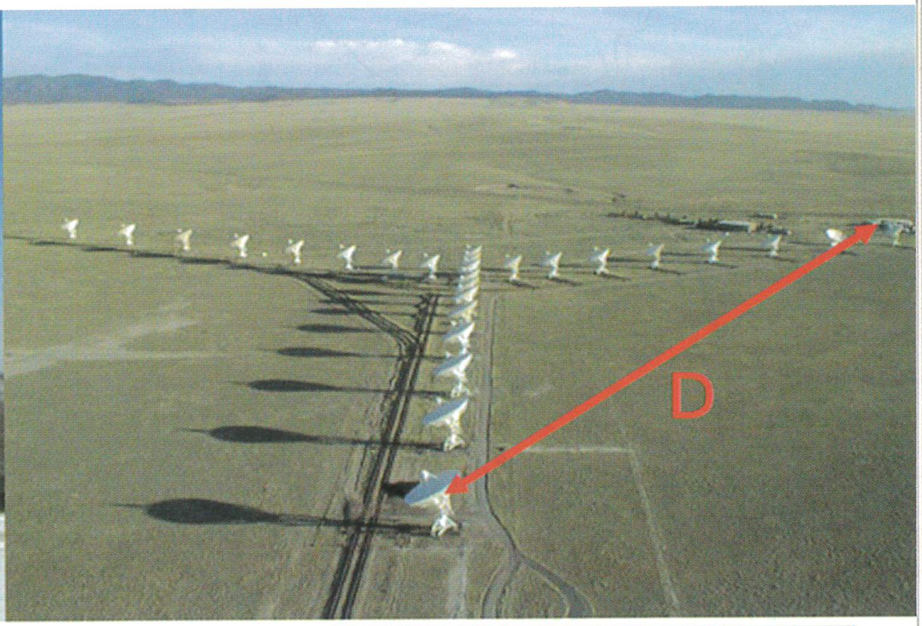
ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಗಣಿತದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿಯೇ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಉತ್ತಮ ಚಿತ್ರ ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದೇ ರೈಲ್ ಅವರು ಸೂಚಿಸಿದ ತಂತ್ರ. ಇದಕ್ಕೆ ಅಪರ್ಚರ್ ಸಿಂಥೆಸಿಸ್ (aperture synthesis) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ವ್ಯತಿಕರಣದ ಎಲ್ಲ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೇ ಮಾಡಬೇಕಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಂಶ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಇನ್ನೊಂದು ಅನುಕೂಲತೆಯನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಮಾರಿಷಸ್ ದ್ವೀಪದಲ್ಲಿರುವ 2 km X 1 km ಅಳತೆಯ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು 60 ಟ್ರಾಲಿಗಳ ಮೇಲೆ ಇರಿಸಿ ಸುಮಾರು ಎರಡು ತಿಂಗಳು ವೀಕ್ಷಣೆ ನಡೆಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಿಮೀ ಉದ್ದದ ಜೋಡಣೆಯನ್ನು 16 ಟ್ರಾಲಿಗಳ ಮೇಲೆ ಇರಿಸಿ ದಿನಕ್ಕೆ 16 ಮೀಟರ್ ಓಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯ ಭ್ರಮಣೆಯನ್ನೇ ಬಳಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮಾರ್ಟಿನ್ ರೈಲ್ ಅವರು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಮೇಲೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯಲ್ಲಿ ಬಹುದೊಡ್ಡ ಮುನ್ನಡೆ ಸಾಧಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಯಾವುದೇ ಆಕಾಶಕಾಯ ಉದಯಿಸುವಾಗ ಒದಗಿಸುವ ಆಧಾರ ರೇಖೆ ಅದು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತಿದ್ದ ಹಾಗೆ ಹೊಸ ಹೊಸ ರೇಖೆಗಳಾಗಿ ತಾನೇ ತಾನಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುದು.

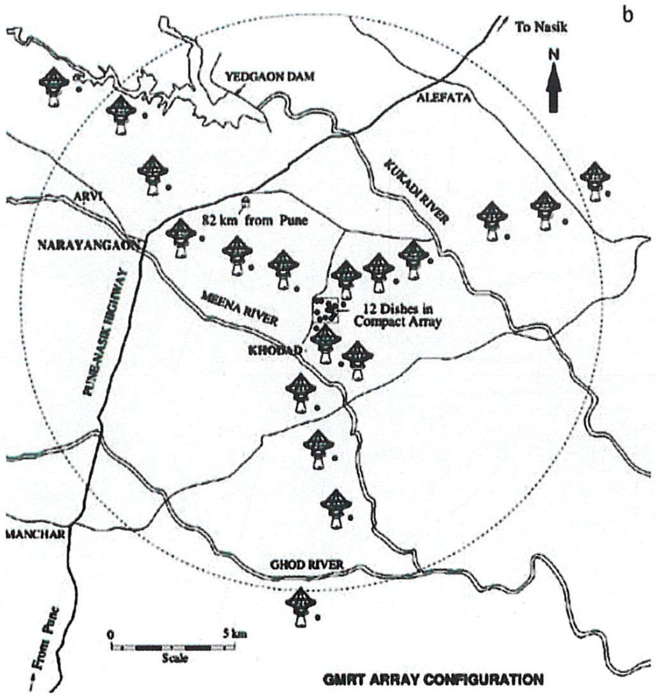
1 km X 0.5 km ಅಳತೆಯ ಗೌರಿಬಿದನೂರು ದೂರದರ್ಶಕದ ಡೈಪೋಲ್‌ಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಮೇಲಿನ n ಆಕಾರದಲ್ಲಿ C to N 3 ಉತ್ತರ ದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ ಮತ್ತು C to E 3 ಪೂರ್ವ ಪಶ್ಚಿಮವಾಗಿ ಇರುವ ಆಯತಾಕಾರದ ಸಂಗ್ರಹಣೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪಡೆದುಕೊಂಡಿದೆ.

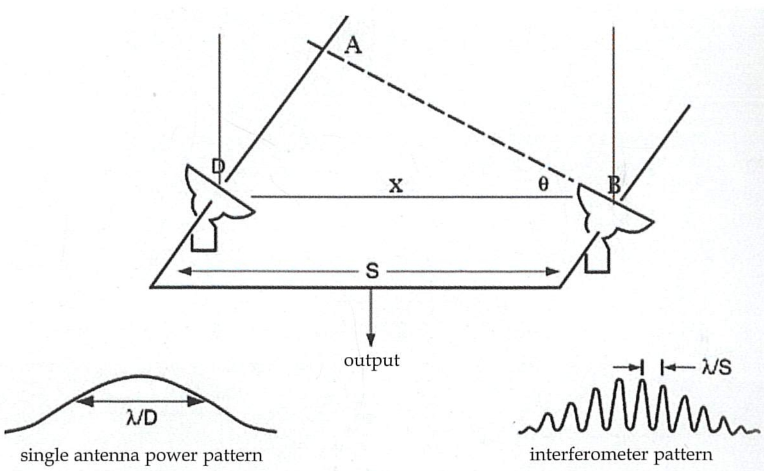




ಕೇಂಬ್ರಿಡ್ಜ್‌ನ ಒಂದೇ ಡಿಶ್‌ನ ಗ್ರೀನ್ ಬ್ಯಾಂಕ್ ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ವೈ ಆಕಾರದ ವೆರಿ ಲಾರ್ಜ್ ಆರೇಯ ವ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಹೆಚ್ಚಳ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪುಣೆಯ ಸಮೀಪ ಇರುವ ಜೈಂಟ್‌ಮೀಟರ್ ರೇಡಿಯೋ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನ GMRT ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಮಾದರಿ



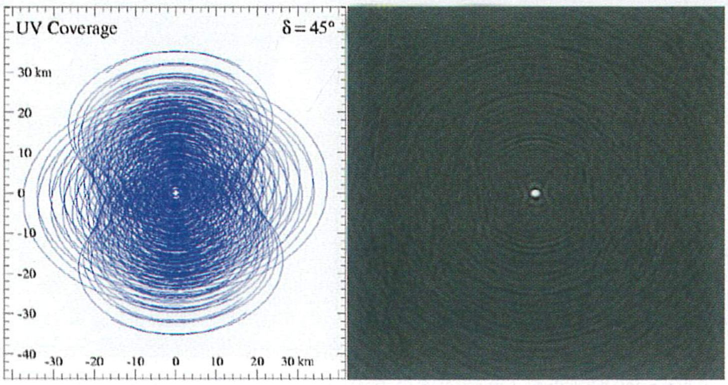


ಎರಡು ಡಿಶ್‌ಗಳ ಉದಾಹರಣೆ. ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ BD = x. ಒಂದೇ ಆಂಟೆನಾದ ಸಿಗ್ನಲ್ ಅನ್ನು, ಎರಡು ಆಂಟೆನಾಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನೂ ತೋರಿಸಿದೆ. ವ್ಯತಿಕರಣದಲ್ಲಿ s ಎಂಬುದು ಕೋನದನ್ವಯ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ AD ದಿಕ್ಕಿನತ್ತ ಎರಡೂ ಡಿಶ್‌ಗಳು ತಿರುಗಿವೆ. ಆಗ BA ಎಂಬುದು ಆಕರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಆಂಟೆನಾಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ s ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಂಟೆನಾಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಶಿರೋಬಿಂದುವನ್ನು (zenith) ನೋಡುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅಂದರೆ AD ದಿಕ್ಕು BDಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ s ಎಂಬುದು BD = x ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ s ನ ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವಂತೆ ಯಾವುದೇ ಆಕಾಶಕಾಯವು ದಿಗಂತದ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅದರ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಆಂಟೆನಾಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಅದರ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಅದು ಮೇಲೇರಿದ ಹಾಗೆ ಆಧಾರ ರೇಖೆ ದೊಡ್ಡದಾಗುತ್ತಾ ಬರುತ್ತದೆ. ವ್ಯತಿಕರಣದ ವಿನ್ಯಾಸ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಅದು ಮುಂದುವರೆದು ಶಿರೋಬಿಂದುವನ್ನು ಹಾದುಹೋದಾಗ ನೆಲದ ಮೇಲಿನ ಅಂತರವೇ ಆಧಾರ ರೇಖೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅದು ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆರು ಗಂಟೆಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯದ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ವೆರಿ ಲಾರ್ಜ್ ಆರೇ (VLA)

1980ರಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾದ ಹಲವಾರು ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಬಹುದೊಡ್ಡ ಸಮುಚ್ಚಯ ವೆರಿ ಲಾರ್ಜ್ ಆರೇ (VLA) ಜಗತ್ತಿನ ಅತಿ ಸಶಕ್ತ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ 25 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ 27 ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು, ಅಮೆರಿಕಾದ ನ್ಯೂಮೆಕ್ಸಿಕೊ ರಾಜ್ಯದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ದೂರದರ್ಶಕವೂ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಎರಡು ಡಿಶ್‌ಗಳ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋ ಮೀಟರ್‌ಗಳ ಸಮುಚ್ಚಯದಂತೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ಪರಿಭ್ರಮಣೆಯನ್ನೇ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಆರು ಘಂಟೆಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ 27 ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಸುಮಾರು (351 X 6 ತಾಸು X 3600 sec / 10 sec (ಒಂದು ಮಾಪನದ ಅವಧಿ)) 700,000 ಮಾಪನಗಳಂತೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇವೆಲ್ಲವು ಗಳಿಂದ ಬಂದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕಂಪ್ಯೂಟರುಗಳು ಒಟ್ಟು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಮಾಹಿತಿಯು ಸುಮಾರು 21 km ಗಾತ್ರದ ಒಂದೇ ಬೋಗುಣಿಯ ಕ್ಷಮತೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.



ಭೂಮಿಯ ಭ್ರಮಣೆಯನ್ನು ಬಳಸಿ ಪಡೆದ ವ್ಯತಿಕರಣಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ ಪಡೆದ ಚಿತ್ರ.

ತರಂಗಾಂತರ 4 ಮೀಟರ್ ಅಥವಾ 75 MHzನಲ್ಲಿ, VLAದ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ 24" (ಆರ್ಕ್ ಸೆಕೆಂಡ್). ತರಂಗಾಂತರ 0.66 ಸೆಮೀ ಅಥವಾ 45 GHzನಲ್ಲಿ, VLAದ ವಿಘಟನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ 0.043". ಅಂದರೆ ಅತಿ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 25 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು. ಇನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ನೀಡುವುದಾದರೆ, VLA ಒಂದು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 600 MHz ನ ತರಂಗ ವಿಸ್ತಾರದ ರಿಸೀವರ್ ಬಳಸಿಕೊಂಡು 1420 MHzನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 186 ಮೈಕ್ರೋ ಜಾನ್ಸ್ಕಿಗಳ ಅಂದರೆ 1.86×10^{-30} W $m^{-2}Hz^{-1}$ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಿಗ್ನಲ್ ಅನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲುದು. (ಒಂದು ಜಾನ್ಸ್ಕಿ ಅಂದರೆ 10^{-26} W $m^{-2}Hz^{-1}$).

ಇಂತಹ ಒಂದು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಅಡಿಪಾಯ ಹಾಕಿದ ಸರ್ ಮಾರ್ಟಿನ್ ರೈಲ್ ಅವರಿಗೆ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ಲಭಿಸಿದ್ದು ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಸ್ಕ್ವೇರ್ ಕಿ ಮೀ ಆರೇ ಮುಂತಾದ ಬೃಹತ್ ಸಮುಚ್ಚಯಗಳ ಯಶಸ್ವಿ ಯೋಜನೆಗಳೇ ಅವರ ಮುಂದಾಲೋಚನೆಗೆ ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿವೆ.

ಅನುವಾದ : ವಿ. ಎಸ್. ಎಸ್. ಶಾಸ್ತ್ರೀ