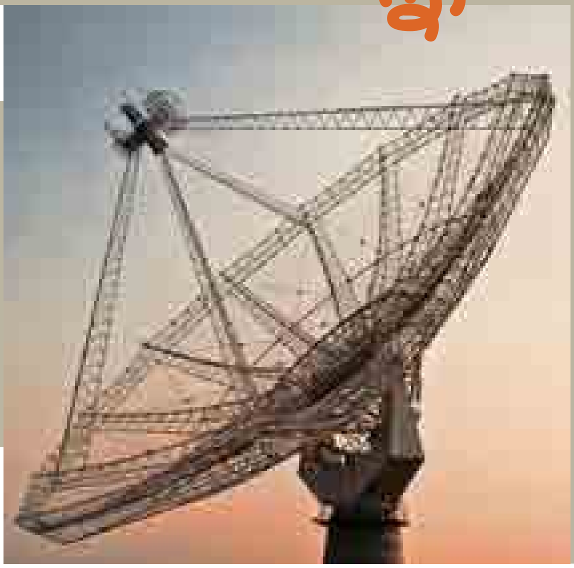
ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ



ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್

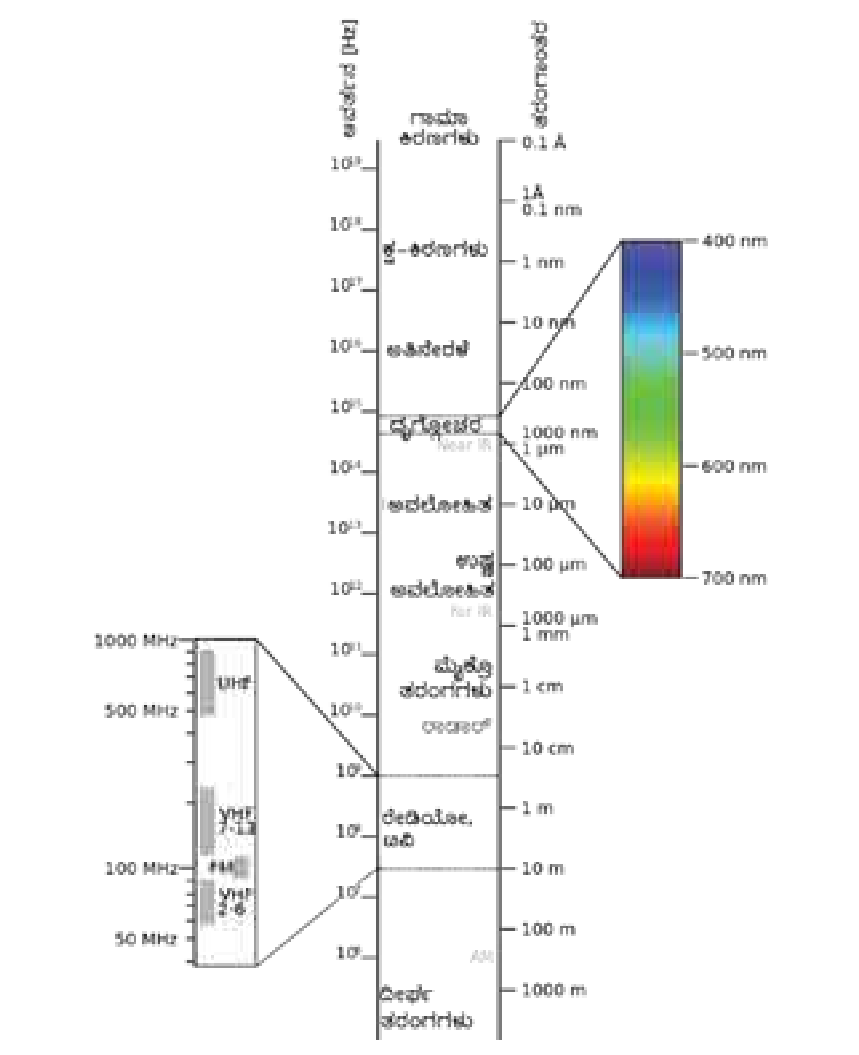
ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದ ವಿಶ್ವವು ವಿಚಿತ್ರ ಮತ್ತು ಸುಂದರ. ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ವಿಭಿನ್ನ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದೊಂದೇ ಅದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಏಕೈಕ ಮಾರ್ಗ. ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳು ಹೊರಸೂಸುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಭಾರತದ ಪುಣೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ವೇವ್ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ (Giant Meterwave Radio Telescope, GMRT) ದಿಂದ ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಗೋಚರವಾದ ಅದ್ಭುತಗಳ ಒಂದು ನೋಟವನ್ನು ಈ ಲೇಖನದ ಮೂಲಕ ನೋಡೋಣ

ಎರಡು ದಶಕಗಳಿಗೂ ಹಿಂದೆ ಕಾರ್ಲ್ ಸೆಗಾನ್ ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾದಂಬರಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ 'ಕಾಂಟ್ಯಾಕ್ಟ್' ಕಾದಂಬರಿಯನ್ನು ಹಾಲಿವುಡ್ ಚಲನಚಿತ್ರವನ್ನಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಜೊಡೀ ಫ಼ಾಸ್ಟರ್ ಅವರು ನಾಯಕಿ ಡಾ. ಎಲಿನೋರ್ 'ಎಲ್ಲಿ' ಆರೋವೇಯ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದ್ದರು. (SETI ಎಂದೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ) ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು (Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI] ಆಧರಿಸಿರುವ 'ಕಾಂಟ್ಯಾಕ್ಟ್' ಕಾದಂಬರಿಯಲ್ಲಿ ಅಪಾರ ಎಡರು ತೊಡರುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸುತ್ತಾ ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ನಾಗರಿಕತೆಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧಿಸುವ ಛಲವಾದಿ ಖಗೋಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಕಥೆ ಚಿತ್ರಿತವಾಗಿದೆ. ಜೊಡೀ ಫ಼ಾಸ್ಟರ್ ತನ್ನ ಕಿವಿಗೆ ಹೆಡ್‌ಫ಼ೋನ್‌ಗಳನ್ನಿರಿಸಿಕೊಂಡು ದೊಡ್ಡ ಆಂಟೆನಾಗಳ ಸಾಲಿನ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅನ್ಯಲೋಕಗಳಿಂದ ಬರುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಏಕಾಗ್ರತೆಯಿಂದ ಆಲಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ಚಲನಚಿತ್ರದ ಒಂದು ದೃಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆ ಪೀಳಿಗೆಯ ಹಲವರಿಗೆ ಇದು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಮೊದಲನೆಯ, ಬಹುಶಃ ಏಕಮೇವ, ಪರಿಚಯವಾಗಿದ್ದಿರಬೇಕು ಎನಿಸುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಹಾಲಿವುಡ್ ಚಿತ್ರದ ಮೂಲಕವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಹಾಗೆಯೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನರಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಅಲ್ಪ ಪರಿಚಯವಿದ್ದೇ ಇತ್ತು ಎಂಬುದು ಇನ್ನೂ ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿ.

ಚಿತ್ರ 1. Contact' ಚಲನಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಡಾ. ಎಲಿನಾರ್ ಆರೋವೆ ಅವರ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದ ಜೂಡೀ ಫ಼ಾಸ್ಟರ್ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ ಯು.ಎಸ್.ಎ.ನಲ್ಲಿರುವ 'Very Large Array'. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರದೊಂದಿಗೆ ನಿರೂಪಿಸಿರುವಂತೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಹೆಡ್‌ಫ಼ೋನುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಅಥವಾ ಇನ್ನಿತರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ (Extra-terrestrial) ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು 'ಆಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ'. ಈ ಚಿತ್ರವು ಚಲನಚಿತ್ರದಿಂದ ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಒಂದು ಸ್ತಬ್ಧ ಚಿತ್ರ.

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಿಧಗಳವೆ

ಇವು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದದಷ್ಟು ಇರುವ ರೇಡಿಯೋ–ತರಂಗಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳವರೆಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸುವುವು. ನಮಗೆ ಬಹಳ ಪರಿಚಿತವಾದ ಗೋಚರ ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವಾಗಿದ್ದು ಸಂಪೂರ್ಣ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ವ್ಯಾಪಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 2. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತ: ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುವುವು. ಆದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಧದ ತರಂಗಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುದು. ಹಾಗಾಗಿ ದೀರ್ಘತಮ ತರಂಗಾಂತರದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಅಲ್ಪತಮ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿದ್ದು ಅಲ್ಪ ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳೂ ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿರುವುವು. ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಅಲ್ಪ ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು(X-Rays) ಚರ್ಮ, ಮಾಂಸಖಂಡಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿವೆಯಾದರೂ ಮೂಳೆಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಲಾರವು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಕ್ಷ–ಕಿರಣದ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೂಳೆಗಳು ಛಾಯಾಫಲಕದ ಮೇಲೆ ನೆರಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುವು.

Source: Victor Blacus, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic-Spectrum.svg. License: CC-BY-SA.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಮುದಾಯ ಚಿಕ್ಕದು ಹಾಗೂ ನಿಗೂಢವಾದುದು. ರೇಡಿಯೋ ಅಸ್ಟ್ರಾನಮಿ ಕಮೀಷನ್ ಆಫ್ ದಿ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯಾಷನಲ್ ಅಸ್ಟ್ರಾನಮಿ ಯುನಿಯನ್ ಎಂಬ ಸಂಘವು ಕೆಲವು ನೂರು ಸದಸ್ಯರನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿದೆ. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಇಂಥವರ ಸಂಖ್ಯೆ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ. ಆದರೆ ಮನು ಜೋಸೆಫ್‌ರವರ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತ 'Serious Men' ಎಂಬ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾದಂಬರಿ ಭಾರತೀಯ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸುವ ಏಕೈಕ ಕೃತಿಯಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಮುದಾಯ ಸಣ್ಣದಾದರೂ ಜನಪ್ರಿಯ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಾತಿನಿಧ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ! ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಆಕರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಭಾಗಶಃ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೂ SETIಗೂ ಏನು ಸಂಬಂಧ? SETIನೊಂದಿಗೆ ತೊಡಗಿರುವ ಅಲ್ಪಮಂದಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲ ಎನ್ನಬಹುದು. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇದಕ್ಕೂ SETI ಗೂ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುವುದು ಉತ್ತಮ ಪ್ರಥಮ ಸೋಪಾನ.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ (SETI)

ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದೇ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ. ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಒಂದು ವಿಧದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಾಗಿವೆ; ನಮಗೆ ಚಿರಪರಿಚಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳು. (**ಬಾಕ್ಸ್** 1 ನೋಡಿ). ನಾವೆಲ್ಲರೂ ನಮಗೆ ಅರಿವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಸಹ ಪ್ರತಿದಿನ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ). ಆದರೆ ಈ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೂ ಏನು ಸಂಬಂಧ?

ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಗೋಚರ ಬೆಳಕನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಮಾನವನ ಕಣ್ಣುಗಳು ಸಂವೇದಶೀಲವಾಗಿರುವುದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಒಂದು ವಿಧವಾಗಿರುವ ಬೆಳಕಿಗೆ ಮಾತ್ರ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತಿತರ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳು ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು – ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳವರೆಗೆ– ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ. ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ, ಸಾಕಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ಉಪಕರಣಗಳಿದ್ದರೆ ಆಕಾಶವನ್ನು ಈ ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಂದಲೂ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದು ಪುನಃ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಒಡ್ಡುವುದು.– ಹೀಗೆ

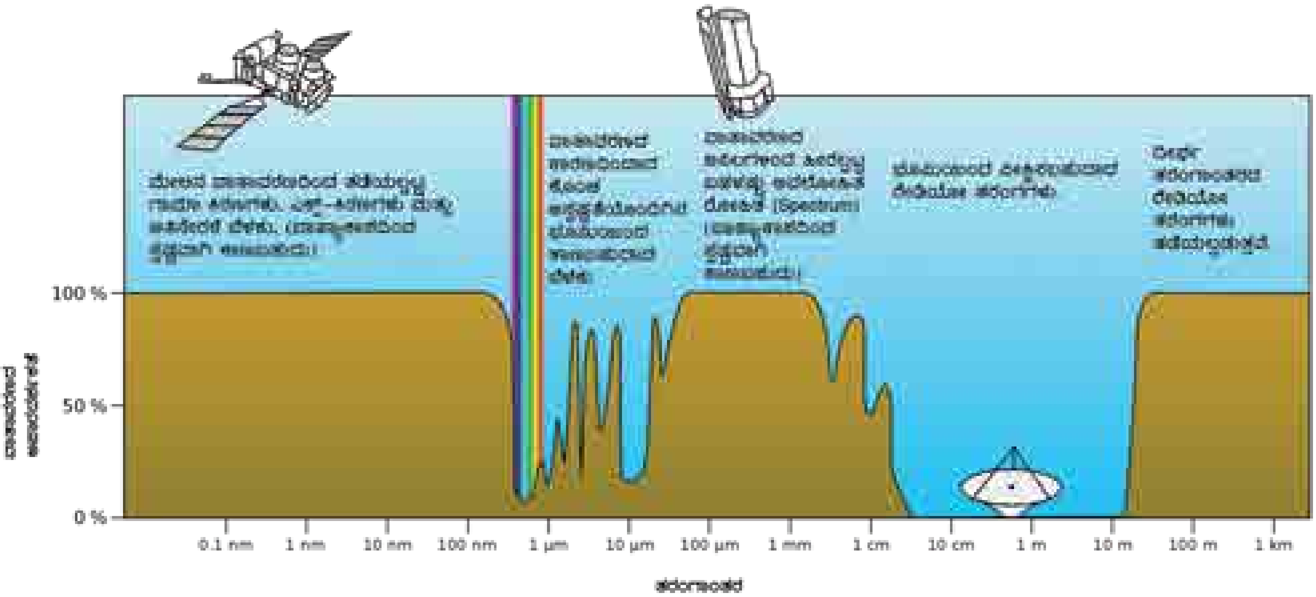
ಬಾಕ್ಸ್ 2. ದಿನನಿತ್ಯದ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಾವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವೆವು.

FM ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತಗಳು (3ಮೀ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ), ಹಾಗೂ ಮೊಬೈಲ್ ಫೋನ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು (ಸುಮಾರು 30 ಸೆಂ.ಮೀ ತರಂಗಾಂತರವಿರುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ) ಒಯ್ಯುವುದರಿಂದ ಹಿಡಿದು ಟಿವಿ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು (ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ಕೇಂದ್ರಗಳು 50 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿದರೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಕೆಲವು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ) ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವವರೆಗೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಒಲೆಗಳು (Microwave Oven) ಕೂಡ ಆಹಾರವನ್ನು ಬಿಸಿ ಮಾಡಲು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಳನ್ನು (ಕೆಲವು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳವು) ಬಳಸುವುವು ಎನ್ನುವುದು ಗಮನಾರ್ಹ.

ಏಕಾದರೂ (ಭೂಮಿಯ ನಿವಾಸಿಗಳು) ಮಾಡಬೇಕು? (ನಾವು ಮುಂದೆ ನೋಡುವಂತೆ) ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳನ್ನೇ ಆಧರಿಸಿದ ವಿಶ್ವದ ಅಧ್ಯಯನವು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವುದರ ಪರಿಮಿತ ಅರಿವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೊಡುವುದು ಎಂಬ ಉತ್ತರ ಸಿಗುವುದು. ಕುರುಡರು ಮತ್ತು ಆನೆಯೂ ಎಂಬ ಕಥೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಕುರಿತ ಸಂಪೂರ್ಣ ತಪ್ಪು ಚಿತ್ರಣ ದೊರಕಬಹುದು. ವಿಶ್ವದ ಸಮೃದ್ಧತೆ ಮತ್ತು ವೈವಿಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಅರಿಯಬೇಕಾದರೆ ಅದನ್ನು ಎಷ್ಟು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಇದು ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಒಡ್ಡುವುದು – ಈ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯವೇ ಆದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಹೆಚ್ಚುಗಾರಿಕೆಯಾದರೂ ಏನು? ಆಕಾಶವನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಗಮನಿಸವುದರ ದೊಡ್ಡ ಅನುಕೂಲವೆಂದರೆ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲವು ಈ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರುವುದು. ಅನ್ಯ ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಬರುವ ರೇಡಿಯೋ ವಿಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ತಲುಪಬಲ್ಲವು ಎಂದು ಇದರ ಅರ್ಥ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂಥಹ ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಲುಪುವುದಕ್ಕೆ ಮುನ್ನವೇ ಹೀರಲ್ಪಡುವುವು. (**ಚಿತ್ರ 3** ನೋಡಿ) ಇದು ನಮಗೆ ಒಳ್ಳೆಯದೇ ಆಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಿಕಿರಣಗಳು ಜೀವರಾಶಿಗಳಿಗೆ ಹಾನಿಕರ. ಖಗೋಳತಜ್ಞರಿಗೆ ಇದು ಮಿಶ್ರಿತ ವರವಿದ್ದಂತೆ–ಭೂಮಿಯು ಖಗೋಳತಜ್ಞರಿಗೆ ಆಶ್ರಯತಾಣವಾಗಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯುತ ವಿಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಾಯುಮಂಡಲದ ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗೋಳದ (Ionosphere) ರಕ್ಷಣೆಯಿರುವ ನಾವೆಷ್ಟು ಭಾಗ್ಯವಂತರು ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು ಇದೇ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಸಾಕಷ್ಟು ದುಬಾರಿಯಾದ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಆಶ್ರಯಿಸಬೇಕಾಗುವುದು!

ಕೇವಲ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲವಷ್ಟೇ ರೇಡಿಯೋ–ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿಲ್ಲ. ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಬಹುಭಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿವೆ. ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಾಗಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಅವಕಾಶವು (Space) ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅವು ಬೆಳಕನ್ನು ಚದುರಿಸುತ್ತವೆ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಕೂಡ. ಆದರೆ ಅವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ. ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳು ನಕ್ಷತ್ರ ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಬಾನಿನ ಆಳವನ್ನು ಇಣುಕಿ ನೋಡಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುವುವು. SETI ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಲು ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣಗಳಲ್ಲಿ ಇದೂ ಒಂದು:



ಚಿತ್ರ 3. ವಾತಾವರಣದ ಅಪಾರದರ್ಶಕತೆಯು(Opacity) ತರಂಗಾಂತರದ ಒಂದು ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದೆ. ವಾಯುಮಂಡಲವು (ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗೋಳ) ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತದ (Spectrum) ಬಹುಪಾಲು ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಬಹುತೇಕ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಪಾರದರ್ಶಕ. ಈ ವಾಯುಮಂಡಲವು ದೃಗ್ಗೋಚರ (ಅಂದರೆ ಮಾನವನ ಕಣ್ಣು ಸಂವೇದನಶೀಲವಾಗಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಗೋಚರ ಬೆಳಕು) ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಳಿಗೆ (ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ತರಂಗಗಳು) ಮಾತ್ರ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದೆ. ದೂರದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಇತರ ತರಂಗಾಂತರದ ವಿಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಲುಪದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಕಳಿಸಿದ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುವ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ಇದು ಬಹಳ ದುಬಾರಿ.

Source: Mysid, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_window#/media/File:Atmospheric_electromagnetic_opacity.svg. License: Public Domain.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಸೂಚನೆಗಳಿವೆಯೇ ಎಂದು ನೋಡಲು ಬೇರಾವ ಅನ್ವೇಷಕ ಸಾಧನವೂ ಸಹ ಸಹಾಯ ಮಾಡದು. ಆದರೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗವು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ನಾಗರಿಕತೆಯ ಆಂತರಿಕ ಮಾತುಗಳನ್ನು ಗುಟ್ಟಾಗಿ ಆಲಿಸಲು ಮುಂದಾದರೆ ಹಾಗೂ ನಮಗೆ ಏನಾದರೂ "ಕೇಳಿಸುವುದೇ" ಆದರೆ ಅದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಕವೇ. ಅಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಾದ ಈ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಸಾಂಕೇತಿಕ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಅಗ್ಗದ್ದೂ ಆಗಿದೆ. SETI ಗೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಆಸಕ್ತಿಯ ಕೇಂದ್ರ ಬಿಂದು ಆಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರಣ ಇದಾಗಿದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಬಹುದೂರ ಸಂಪರ್ಕವು ನಿಜಕ್ಕೂ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದಿಂದಲೇ ಪ್ರಾರಂಭವಾಯಿತು. ಸಂಪರ್ಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿತು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ.

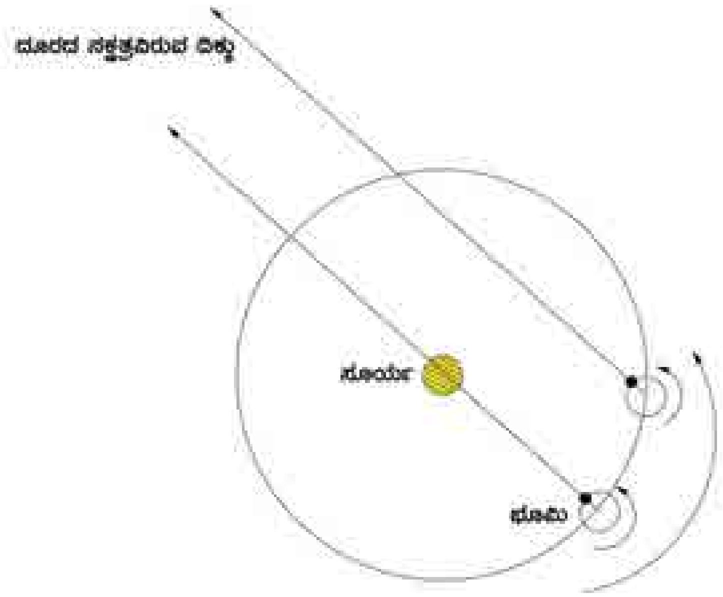
ರೇಡಿಯೋ ಸಂಪರ್ಕ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಹುಟ್ಟು

1930ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಅಟ್ಲಾಂಟಿಕ್ ಸಾಗರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಿದ ಸಂಪರ್ಕವು ಇನ್ನೂ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿತ್ತು. ಅಟ್ಲಾಂಟಿಕ್ ಸಾಗರದಾಚೆಗಿನ ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಕಂಪೆನಿಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕಗಳು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದ ಗದ್ದಲದ (NOISE) (ರೇಡಿಯೋ, ಟೆಲಿಫೋನ್ ಇತ್ಯಾದಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಳಿಸುವ ಕೊರಕೊರ ಸದ್ದು) ವಿವಿಧ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಅಲ್ಲದೆ ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಅವನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲೂ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮಾನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಕಂಪೆನಿಯು ತನ್ನ ತಂತ್ರಜ್ಞರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರಾದ ಕಾರ್ಲ್‌ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿ ಎಂಬಾತನಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಪರ್ಕ 'ಗದ್ದಲ'ದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಕೆಲಸವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಸಿತು. ಅತ್ಯಂತ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ವೀಕ್ಷಕನಾದ ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿಯು ಎಚ್ಚರದ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಮತ್ತು ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ತಾನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಗದ್ದಲವನ್ನು 3 ವಿಧವಾಗಿ ವರ್ಗೀಕರಿಸಿದನು: 1) ಸಮೀಪದ ಗುಡುಗು, ಸಿಡಿಲಿನ ಮಳೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಗದ್ದಲ 2) ದೂರದ ಗುಡುಗು, ಸಿಡಿಲಿನ ಮಳೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಗದ್ದಲ 3) ಮೂಲ ತಿಳಿಯದ ಗದ್ದಲ.

ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ತನ್ನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಾ ಮೂರನೇ ವಿಧದ ಗದ್ದಲವು 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷಗಳ ಆವರ್ತನವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದು ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತು ಸುತ್ತಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದೆ. ಈ ಮಾಹಿತಿ ಈ ಗದ್ದಲದ ಮೂಲ ಸೌರವ್ಯೂಹದಿಂದ ಬಹುದೂರದಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಿತ್ತು. (ನೋಡಿ **ಬಾಕ್ಸ್ 3**). ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ಕೈಗೊಂಡ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಹಾಗೂ ದೃಕ್‌ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದಿದ್ದ ಮಾಹಿತಿಯೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ತಾನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಕೇಂದ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲತಮವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಒಂದು ಅನ್ಯ ಆಕಾಶ ಕಾಯದಿಂದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ–

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತು ಹಾಕಲು ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ದಿನಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಸಮಯ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು

ಒಂದು ದಿನ ಎಂದರೆ 24 ಗಂಟೆ ಎಂದು ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಲೋಚಿಸುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಈ ಸಮಯವು ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಸುತ್ತನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಬೇಕಾದ ಕಾಲವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುತ್ತಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಒಂದು ದಿನವು (ಇನ್ನೂ ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿಯಾದರೆ ಒಂದು ಸೌರದಿನವು) ಒಂದು ಮಧ್ಯಾಹ್ನದಿಂದ (ದಿಗಂತದಿಂದ ಸೂರ್ಯನು ಅತ್ಯಧಿಕ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಸಮಯ) ಮುಂದಿನ ಮಧ್ಯಾಹ್ನದವರೆಗಿನ ಸಮಯ ಒಂದು ದಿನ. ಇದು ಕೊಂಚ ಅಧಿಕ ಸಮಯ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು (ಸುಮಾರು 4 ನಿಮಿಷಗಳು) (**ಚಿತ್ರ 4** ನೋಡಿ). ಆದ್ದರಿಂದ 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷಗಳ ಆವರ್ತನವು (ನಾಕ್ಷತ್ರಿಕ ದಿನವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ)ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ದೂರದ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ವಿಶೇಷಗುಣವೇ ಆಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 4. ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆ.

ಸೂಚಿಸಲಾಗಿರುವ ಎರಡೂ ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತನ್ನು ಮುಗಿಸಿದೆ. (ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ಸ್ಥಳವು ಪುನಃ ಮೊದಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಮುಖಮಾಡಿದೆ). ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ಸ್ಥಳ ಮೊದಲನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನತ್ತ ಮುಖ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿದೆ. ಆದರೆ ಎರಡನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಎರಡನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲಿನ ತನ್ನ ಪಥದಲ್ಲಿ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿದ್ದು ಪುನಃ ಆ ಜಾಗದ ನೆತ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ನೇರವಾಗಿ ಸೂರ್ಯನು ಬರಬೇಕಾದರೆ ಅದು ಇನ್ನೂ ಕೊಂಚ ತಿರುಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಸೌರದಿನವು ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತಲು ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯಕ್ಕಿಂತ ಕೊಂಚ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ದೂರದ ಕಾಯಗಳಿಂದ (ಅಂದರೆ ಭೂಮಿಯಷ್ಟೆ– 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷ– ಆವರ್ತನ ಹೊಂದಿರುವ ಕಾಯಗಳು) ಮತ್ತು ಸಮೀಪದ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತಿರುವ ವಿಸರಣ (Emission) ಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ ಎಂದು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದಿಂದ ಮನಗಾಣಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಕೃಪೆ: ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಬೆಂಗಲೂರ್ License: CC-BY-NC.

ತರಂಗಗಳ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆ ಇದಾಗಿತ್ತು. ಸಾರ್ವಜನಿಕರು ಇದನ್ನು ಆಸಕ್ತಿಯಿಂದ ಗಮನಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್ ಟೈಮ್ಸ್ ಮತ್ತು ಇತರ ವೃತ್ತ ಪತ್ರಿಕೆಗಳು ಮೊದಲ ಪುಟದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದವು. ಆದರೆ ವೃತ್ತಿಪರ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಇದಕ್ಕೆ ಗಮನ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರವೇ. ಇದಕ್ಕೆ ಭಾಗಶಃ ಕಾರಣವೆಂದರೆ ದೃಕ್‌ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಖಗೋಳತಜ್ಞರ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕಿಂತ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೇರೆಯದೇ ಆಗಿತ್ತು. ದೃಶ್ಯ ಉಪಕರಣ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಸಮುದಾಯವು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರಾಗಲು ತರಬೇತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅಪಾರ ಪರಿಶ್ರಮದ ಅಗತ್ಯವಿತ್ತು. (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಉಪ-ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರ ನಡುವಣ ವಿಭಜನೆ ಇಂದಿಗೂ ಮುಂದುವರೆದಿದೆ.) ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರಣವೂ ಇದೆ. ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿಯ ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಹೊಸದಾದ ಮತ್ತು ನಷ್ಟ ಸಂಭವವುಳ್ಳ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಧನಸಹಾಯ ಒದಗಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾಗಿದ್ದ ಅಮೇರಿಕಾದ ಮಹಾ ಆರ್ಥಿಕ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನ (Great Depression) ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ದ್ವಿತೀಯ ಮಹಾ ಯುದ್ಧದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲವಾದ ರೆಡಾರ್ ರಕ್ಷಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಅಗತ್ಯದಿಂದಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ದಿಢೀರ್ ಎಂದು ಅಪಾರವಾದ ಪ್ರಗತಿ ಕಂಡು ಬಂತು. ಯುದ್ಧದ ನಂತರ ಕೆಲವು ರೆಡಾರ್ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಇಂಜಿನಿಯರ್‌ಗಳು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಬಳಸಿದರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬಹುಬೇಗನೇ ಸೂರ್ಯ ಕೂಡ ಆಕಾಶ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಉಜ್ವಲ ಮೂಲಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಂಬ ವಿಷಯ ತಿಳಿದು ಬಂತು. ಅಲ್ಲದೆ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಆಕಾಶವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

ವಿಶ್ವದ ಅನಾವರಣ – ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಏನು ನೋಡುವುವು?

ರಾತ್ರಿಯ ಆಕಾಶದ ಅತ್ಯಾಕರ್ಷಕ ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಎಲ್ಲೆಡೆಯೂ ಹರಡಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ. ಸೂರ್ಯನು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಪ್ರಬಲ ಮೂಲ ಎಂಬ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳು 'ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು' ಎನ್ನುವ ಒಂದು ವಿಧದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದವೆಂಬ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇತ್ತು. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಷೀಣ (**ಬಾಕ್ಸ್ 4 ನೋಡಿ**); ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾದ ಬಹುತೇಕ ಮೂಲಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೆ ಅವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದದ್ದಾದರೂ ಏನು?

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು. ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅಲ್ಪ ಕೋನೀಯ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು (Resolution) ಹೊಂದಿದ್ದವು. (**ಬಾಕ್ಸ್ 7 ನೋಡಿ**). ಇದರಿಂದಾಗಿ ದೃಕ್‌ಬಿಂಬಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಮೂಲಗಳೊಂದಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡ ತಾಳೆ (Cross- identify) ಮಾಡಿ ನೋಡಲು ಕಷ್ಟವಾಗಿತ್ತು. ಆದಾಗ್ಯೂ, 1962 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಮೂಲಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ 3C273 ಎಂಬುದರ ನಿಖರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಾರ್ಕಿಸ್ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಈ 3C273 ಆಗಾಗ ಚಂದ್ರನಿಂದ ಮರೆಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ (ಗ್ರಹಣ) ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಈ ಗ್ರಹಣದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ 3C273ಯ ಪ್ರಖರತೆ ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಎಂಬುದರ ಎಚ್ಚರದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಚಂದ್ರನ ಅಂಚು

> **ಬಾಕ್ಸ್ 4. ನಾಕ್ಷತ್ರಿಕ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರಣಗಳು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವ ವಿಸರಣಗಳಿಗಿಂತ ಕ್ಷೀಣವಾದುವು.**
>
> ಸೂರ್ಯನಿಂದ ನಮಗಿರುವ ದೂರ ಮತ್ತು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಇರುವ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ನಮಗೆ ಅತಿ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವೇ ಸೂರ್ಯನಿಗೂ ನಮಗೂ ಇರುವ ಅಂತರದ 300,000 ಪಟ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಪಕ್ಷ ಈ ನಕ್ಷತ್ರ ಸ್ವಭಾವತಃ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನಷ್ಟೇ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಆಗ ಅದು 90 ಶತಕೋಟಿ ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಕಾಣಬರುವುದು. ಈ ಅಂದಾಜಿನಿಂದ ಅವು ಆರಂಭಿಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾರದಷ್ಟು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿದ್ದವು.

ಆ ಮೂಲವನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವ ಆ ಕ್ಷಣವನ್ನು ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಈ ಹಿಂದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ದೃಕ್‌ಬಿಂಬಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತಿದ್ದ ರಹಸ್ಯಮಯ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಅಚ್ಚರಿಯೆಂದರೆ ಆ ಮೂಲವು ಅಷ್ಟೇನೂ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಲ್ಲದ ನಕ್ಷತ್ರದಂತಹ ಕಾಯವಾಗಿತ್ತು. ಹಾಗಾದರೆ, ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಒಂದು ವಿಧದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನೇನಾದರೂ ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತಿದ್ದವೆ?

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಶಿಮಿಟ್ ಎಂಬ ಖಗೋಳತಜ್ಞ ನಕ್ಷತ್ರದಂತಿದ್ದ 3C273 ರ ರೋಹಿತವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದನು (**ಬಾಕ್ಸ್ 5 ನೋಡಿ**). ನಕ್ಷತ್ರವು ಉಂಟುಮಾಡುವ ರೋಹಿತದ ವಿಧವು ಅದರ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನೆರವಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೂರ್ಯನ ರೋಹಿತವು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಸ್ಫುಟ ವರ್ಣವನ್ನು (ರೋಹಿತ ರೇಖೆ) ಹೊಂದಿರುವುದು. ಇದು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂನಿಂದ ಉಂಟಾದುದು. (ಸೂರ್ಯನ ರೋಹಿತದ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಗುರುತಿಸಿದ್ದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಈ ಹೆಸರು ಬಂದಿದೆ). 3C273 ರ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳಿದ್ದವು. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದವುಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಹೊಂದಲಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದ ಚಕಿತನಾದ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಶಿಮಿಟ್ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರೇಖೆಗಳೊಳಗೆ ತಾಳೆ ಆಗುತ್ತಿವೆ. ಆದರೆ ಅವೆಲ್ಲವೂ 15.8% ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಏಕಾಏಕಿ ಮನಗಂಡನು! ಆಕಾಶ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕು ಅಧಿಕತರ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುವುದನ್ನು (ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ, Red Shift) ಹಲವು ದಶಕಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿತ್ತು ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಹಾಗೆ ಆಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿತ್ತು. 3C273ರ ತರಂಗಾಂತರದ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ರೋಹಿತವು ಈ ಹಿಂದೆ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟಗಳಿಗಿಂತ ಬೃಹತ್ತಾಗಿತ್ತು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಇದರ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳು ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟಗೊಂಡ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಬರುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲು ಹಲವು

ಬಾಕ್ಸ್ 5. ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಅವು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ರೋಹಿತದ ಪ್ರಭೇದವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆವು.

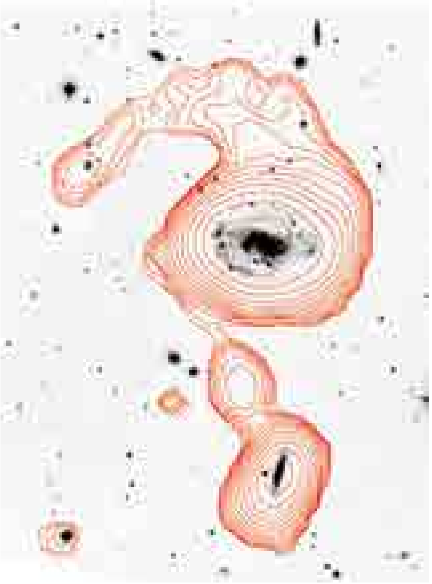
ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕು (White light) ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳ ಬೆಳಕುಗಳ ಸಮ್ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಪಟ್ಟಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿ ಅದರ ಘಟಕ ವರ್ಣಗಳನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. (ಸಿ.ಡಿ ಅಥವಾ ಡಿವಿಡಿ ಯನ್ನು ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಾಗ ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು). ಘಟಕ ವರ್ಣಗಳಾಗಿ (ಅಥವಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಾಗಿ, ಏಕೆಂದರೆ ವಿಭಿನ್ನ ವರ್ಣಗಳು ವಿಭಿನ್ನ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುವು). ಆಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಈ ವಿಭಜನೆಯನ್ನು ರೋಹಿತ (Spectrum) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ವಸ್ತುಗಳ ರೋಹಿತವು ಅದರ ಘಟಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಬಾಣಬಿರುಸುಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣುವ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣ ಅವುಗಳ ಪುಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಣ ಮಾಡಿರುವ ವಿವಿಧ ಮೂಲಧಾತುಗಳು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತು ಬೇರೆಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರದ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ.

ಕಾಲವೇ ಬೇಕಾಯಿತು. ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ, 1962 ರವರೆಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ದೂರದ್ದಾಗಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ, ನಮಗೆ ತಿಳಿದ ಎಲ್ಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿತು. ಇಂದು 3C273 ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವಲ್ಲ ಬದಲಾಗಿ ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ ಬಿಲಿಯಾಂತರ ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಕಪ್ಪುಕುಳಿ (Black Hole) ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯವು ನುಂಗಲ್ಪಡುವ ಮುನ್ನ ಶಾಖಗೊಂಡು ಅಧಿಕಾಧಿಕ ತಾಪವನ್ನು ತಲುಪುವುದು. ಆಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಬಹುತೇಕ ಸಮವಾಗಿರುವ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಯ ಧಾರೆಯನ್ನು ಅದು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದು. ಈ ಧಾರೆಯಲ್ಲಿರುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯವೇ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಈಗ ನಾವು ರೇಡಿಯೋ–ನಿಹಾರಿಕೆ (Radio-galaxy) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಸ ವಿಧದ ಕಾಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದರು. ವಿಶ್ವವನ್ನು ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಹೇಗೆ ಅದು ಆಶ್ಚರ್ಯಜನಕ ಹೊಸ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಿಗೆ ದಾರಿ ಮಾಡುವುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಷ್ಟೆ. ಹೊಸ ವೀಕ್ಷಣಾ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ತೆರೆಯುತ್ತಿದಂತೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಬಾರಿ ವಿಚಿತ್ರವೂ, ಹೊಸದೂ ಆದ ಕಾಯಗಳ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನವು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಿದ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಮಧ್ಯದ ಅತಿ ಬೃಹತ್ತಾದ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಮಾತ್ರವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಸ್ಪಂದತಾರೆಗಳು (Pulsars), ಪರಮಾಣು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳಷ್ಟೇ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ, ಆದರೆ ಕೆಲವು ಕಿಲೋಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳುಳ್ಳ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನು ಹೊಂದಿರುವಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳು) ಮತ್ತು ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣ (Cosmic Microwave Background Radiations), (ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಘಟಿಸಿದಾಗ ವಿಶ್ವವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಒಟ್ಟಿಗೇ ಸೇರಿ ತಟಸ್ಥ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗುವಷ್ಟು ತಂಪಾದ ಸಮಯದ ಪಳೆಯುಳಿಕೆ ವಿಕಿರಣಗಳು)–ಇವುಗಳನ್ನೂ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಹರಡಿಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲವೂ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಪ್ರಬಲ ಮೂಲವಾಗಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಎಲ್ಲಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಈ ಅನಿಲದ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುವು. ಇವು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ (**ಚಿತ್ರ 5** ನೋಡಿ). ಇದು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿರುವ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿಧದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಅಗತ್ಯವಿದೆ ಎಂಬ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 6. ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಪಲ್ಲಟವು ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಬಹು ದೂರದ ಮೂಲದಿಂದ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಡುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವೂ ಹಿಗ್ಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಾವು ಕಟ್ಟಕಡೆಯದಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಮೂಲತಃ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ದೀರ್ಘವಾಗಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟ ಎನ್ನುವೆವು. ಏಕೆಂದರೆ, ಈ ಪಲ್ಲಟವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ದೀರ್ಘತರ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಅಥವಾ ಕೆಂಪುಬಣ್ಣದತ್ತ ಉಂಟಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 5. ದೃಕ್ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಭಿನ್ನ ಮುಖಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಬಿಳಿ ಬಿಂಬವು ಒಂದು ದೃಶ್ಯಬಿಂಬ (ಅಂದರೆ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ಬಿಂಬ). ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಹೊಳೆಯುವುವು. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತಿರುವುದು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿನ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನ. ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನು (ಫಿಲಂ ಅನ್ನು ನೆಗೆಟಿವ್ ಮಾಡಿದಂತೆ) ವಿಪರ್ಯಯಗೊಳಿಸಿದ್ದು ಕಪ್ಪು ಛಾಯೆಯ ಸ್ಥಳಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶಮಯ ಸ್ಥಳಗಳು. ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ, ಈ ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ತಕ್ಕಷ್ಟು ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಿವೆಯಲ್ಲದೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರಿಬರುತ್ತಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಇಟ್ಟಂತಿರುವ ಕೆಂಪುರೇಖೆಗಳು GMRT ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದ ಬಿಂಬದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತಿರುವ ರೇಖೆಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಅನಿಲದ (ಜಲಜನಕದ) ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಈ ಕೆಂಪು ರೇಖೆಗಳು ನಮಗೆ ಬೇರೆ ಕಥೆಯನ್ನೇ ಹೇಳುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅನಿಲವು ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ನಡುವಣ ಸೇತುವೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ ಹಾಗೂ ಒಂದು ಬಾಲವು ದೊಡ್ಡ ನಿಹಾರಿಕೆಯಿಂದ ಹೊರಚಾಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಖಚಿತವಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿವೆಯೆಂದೂ, ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ಸೇರಿಹೋಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ಸೂಚಿಸುವುದು. (ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕಾಗಿ ಜೂನ್ 2016 ರ '**ಐ ವಂಡರ್...**' ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಆನಂದ ನಾರಾಯಣ್‌ರವರ "ಬಾಹ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು" ಎಂಬ ಲೇಖನವನ್ನು ನೋಡಿ)

Credits: Jayaram N Chengalur. License: CC-BY-NC.

ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ (The Giant Meter-wave Radio Telescope, GMRT)

1960ರ ದಶಕ–ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಲಬ್‌ಗೆ ಭಾರತದ ಸೇರ್ಪಡೆ.

1960ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಉದಕಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ (Hn) ಬೆಟ್ಟವೊಂದರ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ (Ooty Radio Telescope. ORT) ಭಾರತದ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಮುಖ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ. ಈ ಕೊಳವೆಯಾಕಾರದ ದೂರದರ್ಶಕದ ಉದ್ದ 530 ಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಅಗಲ 30 ಮೀ. ಮುಂಬೈನಲ್ಲಿರುವ ಟಾಟಾ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಂಡಮೆಂಟಲ್ ರಿಸರ್ಚ್ (TIFA) ಸಂಸ್ಥೆಯ ಪ್ರೊ. ಗೋವಿಂದ ಸ್ವರೂಪ್‌ರವರ ನೇತೃತ್ವದ ತಂಡವು ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿತು. ಈ ORT ಯನ್ನು ಹಲವಾರು ಪ್ರಧಾನ ಅಧ್ಯಯನಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

'ಚಾಂದ್ರ ಆಚ್ಛಾದನೆ'ಯನ್ನು (Lunar Occultation; ಚಂದ್ರನ ಮರೆಮಾಚುವಿಕೆ ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣ) ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸುವುದು, ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಂಡ ಅನಿಲದಿಂದ ಬರುವ ರೋಹಿತರೇಖಾ ಪ್ರಸರಣದ ವೀಕ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವ ಶಕ್ತಿಯುತ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಪ್ರಸರಣದ ಮಾಪನ–ಇವು ಈ ಅಧ್ಯಯನಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಆಧರಿಸಿರುವ ಹಾಗೂ ಪ್ರಬಲ ಸೌರವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಂದ ದುಷ್ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ಪ್ರಸ್ತುತದ ನಮ್ಮ ಸಂಪರ್ಕಯುಗದಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ವಿಧದ ವೀಕ್ಷಣೆಯ (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇದನ್ನು 'ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಹವಾಮಾನ' ದ ಅಧ್ಯಯನ ಎನ್ನುವರು) ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ದಿನೇದಿನೇ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಿದೆ. 30 ವರ್ಷ ಹಳೆಯದಾದರೂ ಸಹ ORT ತಾನು ಕೆಲಸಮಾಡುವ ಆವರ್ತನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗಿರುವ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ORT ನಿರ್ಮಾಣ, ಸುಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇಡುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಬಳಕೆ– ಇವುಗಳು ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಆರೋಗ್ಯಕರ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಕಾರಣವಾದವು.

1990ರ ದಶಕ ಮತ್ತು ಮಹತ್ತರವಾದ ಬೃಹತ್ ದೂರದರ್ಶಕ

1980ರ ದಶಕದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ORT ದೂರದರ್ಶಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿದ್ದರೂ ಅಮೇರಿಕಾದ ವೆರಿ ಲಾರ್ಜ್ ಅರ್ರೆ (Very large Array, VLA) ಅಥವಾ ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯಾದ 'ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯಾ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ ಕಾಂಪ್ಯಾಕ್ಟ್ ಅರ್ರೆ' (Australia Telescope Compact Array, ATCA) ಇವೇ ಮುಂತಾದ ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಯ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಷ್ಟು ಬಹುಕಾರ್ಯೋಪಯೋಗಿ ಆಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತಾ ಬಂತು. ಊಟಿಯ TIFR ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯವು ಪುನಃ ಪ್ರೊ. ಗೋವಿಂದ ಸ್ವರೂಪ್‌ರವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ 'ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್ ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ' (GMRT) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾದ ಇನ್ನೂ ದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ವಿನ್ಯಾಸದ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿತು.

ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಬಹಳ ದುಬಾರಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ದೇಶಗಳು ಅವುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಹಣ ವಿನಿಯೋಗಿಸುವುವು. ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಎತ್ತರದ, ಕತ್ತಲಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಮಳೆಯಿಲ್ಲದಂಥ ಪ್ರದೇಶವು ಅವಶ್ಯಕ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಇಂತಹ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಅತಿ ವಿರಳ. ಅಪವಾದವೆಂದರೆ ಹವಾಯ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಮೌನಕಿ ಮತ್ತು ಚಿಲಿಯಲ್ಲಿರುವ ಎತ್ತರದ ಪರ್ವತ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಬಹಳ ದೇಶಗಳು ಈ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುವು.

ಆದರೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು (ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ದೀರ್ಘತರ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುವಂಥವು) ಇಂತಹ ಎತ್ತರದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಪ್ರಪಂಚದ ಬಹಳಷ್ಟು ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಇವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ರೇಡಿಯೋ–ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕೆ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಲು ಮುಖ್ಯ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಆ ಪ್ರದೇಶವು ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ 'ಅಡೆತಡೆಗಳು' (Interference, ಅಂದರೆ, ಮೊಬೈಲ್ ಫೋನುಗಳು, ಮೊಬೈಲ್ ಟವರ್‌ಗಳು, ಟಿವಿ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ)ದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರಬೇಕು.

TIFR ಸಮುದಾಯ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಹಲವಾರು ಸ್ಥಳಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದವು. ಪುಣೆಯಿಂದ ಸುಮಾರು 80 ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಖೊಡಾದ್ ಎಂಬ ಗ್ರಾಮ ಅಂತಹ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶ. ಇಂತಹ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕದ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ತಯಾರಿಕೆಯ ಬೆಂಬಲ ಸಿಗುವ ದೊಡ್ಡ ನಗರವಾದ ಪುಣೆ ಈ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಹತ್ತಿರವೇ ಇತ್ತು. ಹಾಗೆಯೇ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳಿಂದ, ಪುಣೆ ಮತ್ತು ಮುಂಬೈಗಳಲ್ಲಿರುವ ಟಿವಿ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ಆಗಬಹುದಾದ "ಅಡೆತಡೆಗಳನ್ನು" ತಡೆಯುವಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರದೇಶವಿತ್ತು. (ಸುತ್ತಲೂ ಇದ್ದ ಪರ್ವತಗಳೂ ಸಹ ರಕ್ಷಕವಾಗಿದ್ದವು). ಆದರೆ ಈ ಸೌಲಭ್ಯದ ವೆಚ್ಚವೂ ಒಂದು ಸವಾಲೇ ಆಗಿತ್ತು.

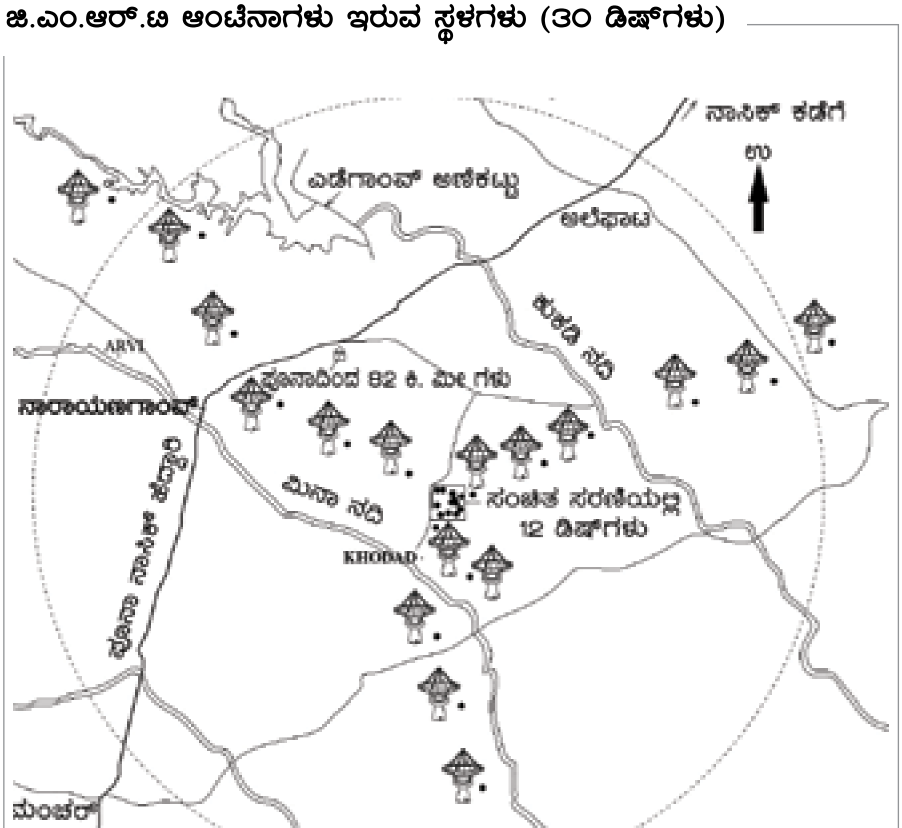
ಮಿತವ್ಯಯಕಾರಿ ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಮತ್ತು "ಸ್ಮಾರ್ಟ್" (SMART) ವಿನ್ಯಾಸ

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಆಂಟೆನಾಗಿಂತ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಖರ್ಚಿನ ಆಂಟೆನಾ ನಿರ್ಮಾಣದ ಒಂದು ನಾವಿನ್ಯಪೂರ್ಣ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಪ್ರೊ. ಗೋವಿಂದ ಸ್ವರೂಪ್ ಮುಂದಿಟ್ಟರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕಡೆಗೂ ಖರ್ಚಿನ ಸಮಸ್ಯೆ ಪರಿಹಾರವಾಯಿತು.

ಬಹುತೇಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಈ ಹಿಂದೆ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಲಾದ ಹೊಸ ಮಾದರಿಯ VLA ಮತ್ತು ACTAಗಳಂಥ ದೂರದರ್ಶಕಗಳೂ ಸಹ, ಅಲ್ಪ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುತ್ತಿದ್ದು ಇವುಗಳಿಗೆ ದುಬಾರಿಯಾದ ಘನ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಭಾರತೀಯ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಾರ್ಯನಿರತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿಶ್ವ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದಾದ ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರದ ದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದೇ ಸೂಕ್ತ ಎಂದೆನಿಸಿತು. ಈ ಖಚಿತವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರೊ. ಸ್ವರೂಪರ ವಿನ್ಯಾಸ ತಯಾರಾಯಿತು.

ಕನ್ನಡಿಯು ಯಾವ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವುದೋ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸಣ್ಣ ಅಳತೆಯ ನ್ಯೂನತೆಗಳು ಅದರ

ಜಿ.ಎಂ.ಆರ್.ಟಿ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಇರುವ ಸ್ಥಳಗಳು (30 ಡಿಷ್‌ಗಳು)



ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಂಶವು ಈ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಗಡುಸಾದ ಕಲ್ಲಿನ ಪ್ರಪಾತವು ಶಬ್ದವನ್ನು (ಈ ಶಬ್ದ ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ) ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪ್ರತಿಧ್ವನಿಸುವುದು. ಆದರೆ ಬೆಳಕನ್ನು (ಇದು ಸಣ್ಣ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ) ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ, ದೀರ್ಘ-ತರಂಗಾಂತರ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಸಣ್ಣ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಮೆರುಗುಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈನ ಗುಣಮಟ್ಟವು ಅದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುವಂಥ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದು. ನುಣುಪಾದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಹೊಳಪನ್ನು ನೀಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಅವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಘನವಸ್ತುವೇ ಆಗಿರಬೇಕು ಎಂದರ್ಥ. ಶೀತದೇಶಗಳ ಛಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿನ ಹಿಮದ ಭಾರವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಇಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈ ಅಗತ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ ಅಂತಹ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಇಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಬಲವಾದ ಆಧಾರ ಸಂರಚನೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ತತ್ಫಲವಾಗಿ ಖರ್ಚು ಸಹ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು. ಕಡಿಮೆ ಆವರ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಪುಣೆಯಂಥ ಉಪ-ಉಷ್ಣವಲಯಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳು ಅಪ್ರಸ್ತುತವಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರೊ. ಸ್ವರೂಪ್‌ರವರು ಒಂದು ವಿನ್ಯಾಸದ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದರು. ಅದು ಹೀಗಿತ್ತು-ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಒಂದು ಸರಳ ತಂತಿಯ ಬಲೆ.

ಚಿತ್ರ 6. ಪುಣೆಯ ಸಮೀಪದ ಖೊಡಾದ್ ಗ್ರಾಮದಲ್ಲಿರುವ ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್ ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ಆಂಟೆನಾ (ಗ್ರಾಹಕ)

GMRT ದೂರದರ್ಶಕ ಪ್ರಪಂಚದ ಅತಿದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕ (Interferrometer) ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಅದು ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುವ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ದೂರದರ್ಶಕವು ಇದಾಗಿದೆ. 25 ಕಿ.ಮೀ ವಿಸ್ತಾರದಲ್ಲಿ ಹರಡಿರುವ ಇದರ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿ 25 ಕಿ.ಮೀ. ಗಾತ್ರದ ಕನ್ನಡಿಯು ನೀಡುವ ಕೋನೀಯ ಪೃಥಕ್ಕರಣಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುವು.

ಕೃಪೆ: ಬಿ. ಪ್ರೇಮ್‌ಕುಮಾರ್, NCRA-TIFR.

ಸಹಸ್ರಾರು ತಂತಿಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿಸಿ ಒಂದು ಪರವಲಯ (Parabolic) ಆಕಾರದ ತಂತಿಬಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಅದನ್ನು ಹಗುರವಾದ ಆಧಾರ ಸಂರಚನೆಗೆ ಹೊಂದಿಸುವುದು. ಈ ತಂತಿಬಲೆಯು ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಆಕಾರವನ್ನು ತಳೆಯುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತಂತಿಯ ಬಿಗಿತವನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸುವುದು– ಹೀಗಿತ್ತು ಅವರ ವಿನ್ಯಾಸದ ಕಲ್ಪನೆ. ಈ ಹೊಸ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅವರು SMART (Streched Mesh Attached to Rope Trusses) ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಟ್ಟರು. ಈ SMART ವಿನ್ಯಾಸವು ಖರ್ಚಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಇಳಿಕೆಯನ್ನು ತಂದಿತಲ್ಲದೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿಯೇ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಏಕೆ ನಿರ್ಮಿಸಬಾರದು ಎಂಬ ಆಲೋಚನೆಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿತು.

TIFR ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯಕ್ಕೆ GMRTಯು ಮುಂದಿನ ಒಂದು ದಿಟ್ಟ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾರತಕ್ಕೆ ಅಗ್ರಸ್ಥಾನದ ಭರವಸೆಯೂ ಇದಾಯಿತು. ೯೦ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಈ GMRTಯನ್ನು 2001ರಲ್ಲಿ ಶ್ರೀ ರತನ್ ಟಾಟಾರವರು ದೇಶಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಪಣೆ ಮಾಡಿದರು. ದೂರದರ್ಶಕದ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ನಿರ್ಮಾಣ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಹಲವು ಭಾಗಗಳನ್ನು TIFRನ 'ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ರೇಡಿಯೋ ಅಸ್ಟ್ರೋಫಿಸಿಕ್ಸ್' ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲೇ (GMRT ಅನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡೇ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ್ದು) ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಯಿತು. ಇನ್ನಿತರ ಉಪ-ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬೆಂಗಳೂರಿನ ರಾಮನ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್‌ನಲ್ಲಿ (RRI) ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿ ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು.

ಈ ದೂರದರ್ಶಕವು 30 ಬೇರೆಬೇರೆ ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಆಂಟೆನಾವು ಒಂದು ಪರವಲಯ ಬೋಗುಣಿಯಾಗಿದ್ದು (Parabolic Dish) 45 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ. GMRT ಯ ಈ 30 ಡಿಶ್‌ಗಳು 25 ಕಿ.ಮೀ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ಹರಡಿಕೊಂಡಿವೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಆಂಟೆನಾಗಳ ನಡುವೆ ದ್ಯುತಿ ತಂತುಗಳ (opticle fibre) ಮೂಲಕ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಪರ್ಕ ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಎಲ್ಲವೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಾ 25 ಕಿ.ಮೀ. ಅಗಲದ ದೂರದರ್ಶಕವೊಂದು ಹೊಂದಿರುವ ಪೃಥಕ್ಕರಣದೊಂದಿಗೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ (**ಚಿತ್ರ 6** ನೋಡಿ). ಈ ಆಂಟೆನಾಗಳಿಂದ ದೊರಕುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪನ (Interferrometry) ಅಥವಾ ಯವರಂಧ್ರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ (Aperture Synthesis) ಎಂಬ ತಾಂತ್ರಿಕತೆಯಿಂದ ಸಂಯೋಜನೆಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 7** ನೋಡಿ). GMRTಯು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗಿರುವ ಅತಿದೊಡ್ಡ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪನೀಯ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ (Interferrometric Array) ಒಂದಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಇಂತಹ ಸೌಲಭ್ಯವನ್ನು ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖಗೊಳಿಸಿರುವ ಬೆರಳೆಣಿಕೆಯಷ್ಟು ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರತವೂ ಒಂದು. ಇಂತಹ ಸೌಲಭ್ಯಗಳು VLA ಮತ್ತು T ಗಳಂತೆ (ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಮೆರಿಕಾ ಮತ್ತು ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯಾಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗಿರುವುವು.) GMRT ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ಮಾಡುವ ವೀಕ್ಷಣಾ ಸಮಯದ ಹಂಚಿಕೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವವರ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಸ್ತಾವನೆಯು ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವರಿಷ್ಠ ಪುನರಾವಲೋಕನ (Peer Review) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಅತ್ಯುನ್ನತ ಶ್ರೇಣಿ ಪಡೆದವರಿಗೆ ಸಮಯವನ್ನು ಹಂಚಿಕೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. GMRT ದೂರದರ್ಶಕವು ಪ್ರತಿವರ್ಷ ಸುಮಾರು ನೂರು ವಿವಿಧ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ವಿಶ್ವದ ಬಹುದೂರದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಚೆದರಿಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲದ ಹಂಚಿಕೆ ವಿಸರಣದವರೆಗೆ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಮಯ ಭಾರತದ ಖಗೋಳತಜ್ಞರಿಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತಲಿದ್ದು, ಉಳಿದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಮಯ ಪ್ರಪಂಚದ ಬೇರೆಬೇರೆ ಸ್ಥಳದ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ಎರಡನೇ ಮಹಾ ಯುದ್ಧದ ನಂತರ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾದ ಮೊದಲ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವು ದಾಪುಗಾಲನ್ನು ಇಟ್ಟಿದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ಇರುವ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಪ್ರಥಮ ಪೀಳಿಗೆಯ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಇಂತಹವುಗಳಲ್ಲಿ GMRT ದೂರದರ್ಶಕವೂ ಒಂದು. ಆಧುನಿಕ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಬಹುಮುಖ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, GMRT ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ವಿಸರಣಗಳನ್ನು – 12 ಬಿಲಿಯನ್ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ (ಮೊದಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಅಂತರ್ ನಿಹಾರಿಕಾ ಅನಿಲವನ್ನು ಬಿಸಿಯಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅಲ್ಪ ಸಮಯದ ಮುಂಚೆ) ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ವ್ಯಾಪಿಸಿದ ಜಲಜನಕದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿಸರಣಗಳವರೆಗೆ ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಇದುವರೆಗೆ ಮೂರು ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಮಾಡಿದ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳಿಗೆ ಸಂದಿವೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಸಮುದಾಯ ಸಣ್ಣದಾದರೂ ಸಮಾಜದ ಮೇಲೆ ಕೇವಲ ಚಲನಚಿತ್ರ ಮತ್ತು ಕಾದಂಬರಿಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಬೀರಿರುವ ಪ್ರಭಾವ ಅಪಾರ. ಚಿಕ್ಕದಾದರೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಹಯೋಗ ಮತ್ತು ಮುನ್ನೋಟವುಳ್ಳ ಸಮುದಾಯ ಇದಾಗಿದೆ. ತಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಮುಕ್ತಟ್ಟೆಯಾಗಿ ಬಳಸಲು ಅವಕಾಶ ಕೊಡುವ ಕೆಲವೇ ಸಂಶೋಧಕ ಸಮುದಾಯಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರ ಸಮುದಾಯವೂ ಒಂದಾಗಿದೆ

ಈ ಹಿಂದೆ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಪ್ರಸ್ತಾವನೆಯನ್ನು (ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ತಜ್ಞರ ಸಮಿತಿಯಿಂದ ನಿರ್ಧಾರಿತವಾದ) ಮುಂದಿಟ್ಟ ಯಾರಾದರೂ GMRT ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿ ಭಾರತೀಯ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಬೇರೆ ದೇಶವು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು. ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ವಿವಕ್ತತೆ (Insularity) ಮತ್ತು ಪ್ರತ್ಯೇಕತೆ (isolationism)ಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನೋಡಲು ವಿಶಾಲ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದರ ಅನುಕೂಲತೆಯ ನೈಜ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 7. GMRTಯ 30 ಆಂಟೆನಾಗಳಿಂದ ಬರುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು "ಯವರಂಧ್ರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ" (Aperture Synthesis) ಎಂಬ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಸಂಯೋಜಿಸಲಾಗುವುದು.

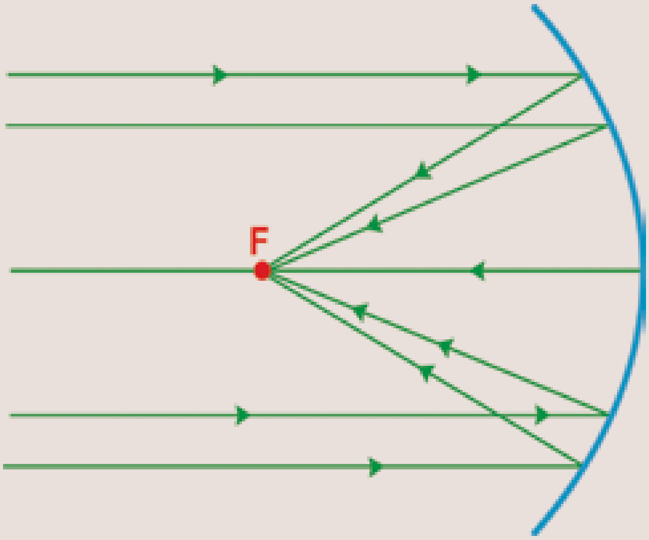
ಸಣ್ಣ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವು ಉತ್ತಮ ಎಂದು ಆಲೋಚಿಸುವುದು ಸಹಜವೇ ಅಲ್ಲವೇ. ಆದರೆ ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವು ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದು?

ದೂರದರ್ಶಕದ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯ ಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲು ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಮಾನದಂಡಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ಬಹುದೂರದ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳನ್ನು ನೋಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ. (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಹತ್ತಿರವಿರುವ ಎರಡು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದೇ ಅಥವಾ ಒಂದೇ ನಕ್ಷತ್ರದಂತೆ ಕಾಣುವಷ್ಟು ಬಿಂಬವು ಮಸುಕಾಗಿರುವುದೇ?) ಇದನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಎನ್ನುವರು. ಎರಡನೆಯದು, ಮಸುಕಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅದು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ. ಮೂಲವು ದೂರವಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅದು ಮಂಕಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲವು ದೂರದೂರಕ್ಕೆ ಹೋದಷ್ಟೂ ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಮುಖ್ಯವಾಗುವುದು ಎಂಬ ಅರ್ಥ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಗಣಾನಾಂಶವನ್ನು (Parameter) ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗ್ರಾಹಕತ್ವ (Sensitivity) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಪರವಲಯ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ (Parabolic Telescope) ಯವರಂಧ್ರದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಎಲ್ಲಾ ಬೆಳಕು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುವುದು. (**ಚಿತ್ರ 7** ನೋಡಿ). ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ದೂರದರ್ಶಕವು ದೊಡ್ಡದಾದಷ್ಟೂ ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುದು. ಅಂದರೆ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಬೆಳಕಿನ ಬಕೆಟ್‌ನಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ದೂರದರ್ಶಕ ದೊಡ್ಡದಾದಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುದರಿಂದ ಅದು ಅಧಿಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿರಬೇಕು ಎಂಬ ಅನಿಸಿಕೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಬರುವುದು. ಅಷ್ಟೇನೂ ಸ್ವತಃಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣದ ಅಂಶವೆಂದರೆ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಉತ್ತಮ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಎಂಬುದು. ಇದು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffraction) ಯಿಂದ (ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಸಾಧ್ಯ) ಸಾಧ್ಯ. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಯ ಗಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣವೂ ಸುಧಾರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರತಿಫಲಕವಿದ್ದಾಗ ತರಂಗಾಂತರ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ಪೃಥಕ್ಕರಣವು ಉತ್ತಮಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. (ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಾಂತರದ ನೀಲಿ ಬೆಳಕಿನೊಂದಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಬ್ಲೂ-ರೇ ಡಿವಿಡಿಗಳು ಸಾಧಾರಣ ಡಿವಿಡಿಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಒಂದೇ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅಡಕ ಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಈ ಸಂಬಂಧಿತ ಸಂಗತಿಯು ಓದುಗರಿಗೆ ಸುಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದೀತು.)

GMRTಯು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿರುವ ರೇಡಿಯೋ-ತರಂಗಗಳಿಗಿಂತ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮಿಲಿಯನ್ (ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ) ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದು. ಕೆಲವೇ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಉದ್ದದ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕದಷ್ಟೇ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವು ಬೇಕಾದರೆ ಹತ್ತಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಉದ್ದವಿರುವ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದೊಂದು ದುಸ್ಸಾಧ್ಯವಾದ ಸವಾಲೇ ಸರಿ. ಹತ್ತಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರದ ಕನ್ನಡಿಯ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ?

ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಹಿಂದೆ ಹೋಗಿ ತನ್ನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಕನ್ನಡಿಯು ಏನು ಮಾಡುವುದು ಎಂದು ನೋಡೋಣ. **ಚಿತ್ರ 7** ರಲ್ಲಿ ನಾವು ನೋಡುವಂತೆ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ನಾಭಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಆ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದೇ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದ ಸಂಕೇತವು ಬೃಹತ್ ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಬಂದಂತೆಯೇ ಇರುವುದು (ಅಂದರೆ, ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅತ್ಯಧಿಕ ಅಂತರಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ಗಾತ್ರದ ಕನ್ನಡಿ): ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಪೂರ್ಣವಾಗಿರದೆ ದೊಡ್ಡ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಎಂಬುದೇ ಒಂದು ಅಪವಾದವಾಗಿದೆ. ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಆಚ್ಛಾದಿಸುವ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗುತ್ತಿದ್ದು ಮಧ್ಯದ ಕ್ಷೇತ್ರದ (ಅಂದರೆ 'ರಂಧ್ರಗಳ') ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ನಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಮೂಹದಿಂದ ಲಭಿಸುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಯಥಾಯೋಗ್ಯವಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ದೂರದರ್ಶಕವು ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಡುವಣ ಅಧಿಕತಮ ಅಂತರದಷ್ಟು ಗಾತ್ರವುಳ್ಳ ಕನ್ನಡಿಗೆ ಇರುವ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಆದರೆ ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವು ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳ ಕನ್ನಡಿಯಷ್ಟು ಇರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 7. ಪರವಲಯ ಕನ್ನಡಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತಗೊಳ್ಳುವುದು.

ಪರವಲಯ ರೂಪದ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಬಕೆಟ್‌ನಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ತಮ್ಮ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ತಮ್ಮ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅಧಿಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುವು ಅಥವಾ ಮಸುಕಾದ ಬಹುದೂರದ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಹೀಗೆ, ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಉತ್ತಮ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಇಲ್ಲವೇ ಮೂಲದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿ ತೋರಿಸಬಲ್ಲವು.

Credits: S. Meshra, NCRA-TIFR. License: CC-BY-NC.

ಚಿತ್ರ 8. ಉದಯದಿಂದ ಅಸ್ತದವರೆಗೂ ಮೂಲವೊಂದನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದಾಗ GMRT ಆಂಟೆನಾವು ವ್ಯೂಹದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೂಡಿಸಿದ ಪಥಗಳು.

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ ಅಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಇದ್ದರೂ ಸಹ ಭೂಮಿಯ ತಿರುಗುವಿಕೆಯು ನಾವು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವ 'ಕನ್ನಡಿ'ಯ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಆಚ್ಛಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ.

ಕೃಪೆ: ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್

License: CC-BY-NC

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಹೋದರೆ ಉದಯದಿಂದ ಅಸ್ತದವರೆಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲವೊಂದರ ಜಾಡನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ ಏನಾಗುವುದು ಎಂದು ನೋಡಬಲ್ಲೆವು. ಈ ಬಹುದೂರದ ಮೂಲದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ ಆಗುತ್ತಿರುವುದಿಷ್ಟೆ– ಭೂಮಿಯ ತಿರುಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಈ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಆಕಾಶದ ಸುತ್ತ ಕೊಂಡೊಯ್ಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಅಂತೆಯೇ ಮೂಲವನ್ನು ಉದಯದಿಂದ ಅಸ್ತದವರೆಗೆ ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪಿತ ದೊಡ್ಡ ಕನ್ನಡಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಿರುವಷ್ಟೇ ವಿಸ್ತೃತ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸಂಘಟಿತ ಫಲರೂಪದ ಕನ್ನಡಿಯು (ಅಂದರೆ ಸಂಯೋಜಿತ ಯವರಂಧ್ರ) ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಲಭಿಸುವ ಚಟಕೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಹತ್ತಿರವಿರುವುದು. (**ಚಿತ್ರ 8** ನೋಡಿ). ಇದನ್ನೇ ನಾವು 'ಭೂಭ್ರಮಣ ಯವರಂಧ್ರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ' (Earth rotation Aperture Syntheis) ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಈ ತಂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ GMRT ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಇನ್ನಿತರ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಬಾನಿನ ಅಧಿಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯುತ್ತವೆ.

ಈ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿರುವ ವಿವಾದಾಂಶವೆಂದರೆ ಬಾನಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾವಲೋಕನ ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಕನ್ನಡಿಯ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಂಯೋಜಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು. ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್, ಇದು ಬಹಳ ವಿವರವಾದ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಗತಿ ಹಾಗೂ ಇದರ ಚರ್ಚೆ ಬಹಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಒಂದು ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಿದರೆ ಉತ್ತಮ–ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ಡಿಜಿಟಲ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಮತ್ತು ಸಾಫ್ಟ್‌ವೇರ್ ಅಲ್ಗಾರಿದಮ್‌ಗಳು ಬೇಕಾಗುವುವು – ರೇಡಿಯೋ–ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ತಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಂದ ಹೊರಡುತ್ತಿರುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಹೆಡ್‌ಫೋನುಗಳನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಂಡು ಆಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ!

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: GMRT ದೂರದರ್ಶಕದ ಆಂಟೆನಾಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಪುಣೆ, ಭಾರತ, ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ :ರೋಹಿತ್ ಗೊವೈಕ. URL: https://www.flickr.com/photos/18419987@N00/3119728744. License: CC-BY-SA.

ಪರಾಮರ್ಶನ ಗ್ರಂಥಗಳು ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತ ಲಿಂಕ್‌ಗಳು

1. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಪರಿಚಯ ಮತ್ತು SETI – ಇದರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು http;//www.bigear.org/guide.htm ಇಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.
2. ದಿ ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಫೆಸಿಲಿಟಿ – ಇಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಮೇಲೆ ಕೆಲವು ಆಸಕ್ತಿಕರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. http;//www.atnf.csiro.au/outreach/education/everyone/rtadio-astronomy/index.html
3. ಪುಣೆಯ GMRT ಬಗೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು http://www.ncra.tifr.res.in/ncra/ ಇಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು.
4. ಸ್ಪಂದತಾರೆ ಕುರಿತಂತೆ ಬಹಳ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.
   http;//www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/pulsars/pulsars_index.htm.
5. ಆಕಾಶಗಂಗೆಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಮ್ಮಿಳನದ ಬಗೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಆನಂದ ನಾರಾಯಣ್ ಅವರ "ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು " ಎಂಬ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ **ಐ ವಂಡರ್...** ಸಂಚಿಕೆ 2, ಕನ್ನಡ ಆವೃತ್ತಿ ಜನವರಿ – 2019, ಪುಟ 4ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.
6. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಜನಪ್ರಿಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಸ್ಪ್ರಿಂಗರ್ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್‌ನ 'The Inviscible Universe' ಎಂಬ ಗೆರಿಟ್ ವೆರಶ್ಚೂರ್ ರವರ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.

ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್ ಮುಂಬೈನಲ್ಲಿರುವ ಟಾಟಾ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಂಡಮೆಂಟಲ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಸಂಸ್ಥೆಯ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ಆಸ್ಟ್ರೋಫಿಸಿಕ್ಸ್ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಓರ್ವ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿ. ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ತರಬೇತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ಅಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಕಾಲಿಟ್ಟು ಅದು ವಿನೋದಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದದ್ದರಿಂದ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿದುಕೊಂಡರು.

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ