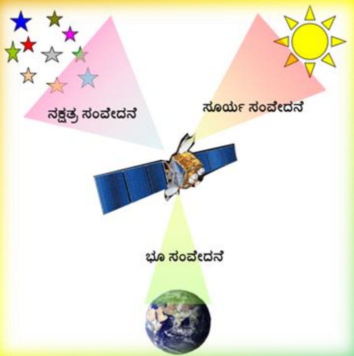
ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ



ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2023
ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17

ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2023

ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17

“Upagrahagalalli Samvedakagalu”
in Kannada by Dr. Girish Manjunath Gouda,
Published by
U. R. Rao Satellite Centre
Bengaluru-560017
kannada.ursc@gmail.com

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2023
ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ,
ಬೆಂಗಳೂರು–560017

© ಲೇಖಕರದು

ಮೊದಲ ಮುದ್ರಣ : 2023
ಬಳಸಿದ ಕಾಗದ : 70 ಜಿ.ಎಸ್.ಎಂ. ಮ್ಯಾಪ್ಲಿಥೊ
ಡೆಮಿ 1/8, ಪುಟಗಳು: 76

ಚಿತ್ರ ಕೃಪೆ : ಕು॥ ಗಿರಿಜಾಚಂದನ (ಚಿತ್ರ–1), ಇಸ್ರೊ ಮತ್ತು
ಇತರ ಜಾಲತಾಣಗಳು

ಅಧ್ಯಕ್ಷರ ಸಂದೇಶ

ವಿಜ್ಞಾನ ಸಾಹಿತ್ಯ, ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಹಾಗೂ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪ್ರಕಾರ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಎಲ್ಲ ಆಗುಹೋಗುಗಳನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಗಮನಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಸರಳ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವ ಆಶಯ ಈ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಾಹಿತ್ಯದ ಗುರಿ. ಅದರಲ್ಲೂ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಡಲೆ ಎನಿಸಿರುವ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ, ಉಪಗ್ರಹ ಹಾಗೂ ರಾಕೆಟ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಮುಂತಾದ ಸಂಕೀರ್ಣ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸರಳ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ಪ್ರೌಢಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಅದೊಂದು ಅಪರೂಪದ ಸಾಧನೆಯೇ ಸರಿ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೊ ಅಂಗಸಂಸ್ಥೆಯಾದ ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರವು "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ" ಎಂಬ ಸರಣಿ ಕಿರುಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳ ಯೋಜನೆಯನ್ನು 2022ರಲ್ಲಿ ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡಿದ್ದು, ತನ್ಮೂಲಕ "ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ" ಬಗ್ಗೆ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಹೊರತರುವ ಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ನಿಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿರುವ ಈ ಪುಸ್ತಕ, ಈ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಕಂತಿನ ಒಂದು ಕುಸುಮ.

ಒಂದು ಭಾಷೆಯ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ವಿವಿಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಆ ಭಾಷೆಯಲ್ಲೇ ವಿವರಿಸಬೇಕಾದದ್ದು ಅವಶ್ಯಕ. ಅಂತೆಯೇ ನಮ್ಮ ಇಸ್ರೊ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಸರಳ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿ, ಅದರ ಬಗೆಗಿನ ಅರಿವು ಮೂಡಿಸುವುದೂ ಕೂಡಾ ಅಗತ್ಯವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವ ಕಾರ್ಯ. ಪ್ರಸ್ತುತ "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ" ಯೋಜನೆಯು, ಈ ಎರಡೂ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಈಡೇರಿಸಲಿದೆ.

ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಪರಿಕಲ್ಪಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಸಾಕಾರಗೊಳಿಸಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರನ್ನು ನಾನು ಅಭಿನಂದಿಸುತ್ತೇನೆ. ಮುಂಬರುವ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಹೊರಬರಲಿ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಓದುಗರನ್ನು ತಲುಪಲಿ ಎಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ.

ಎಸ್. ಸೋಮನಾಥ್
ಅಧ್ಯಕ್ಷರು, ಇಸ್ರೊ

ನಿರ್ದೇಶಕರ ಸಂದೇಶ

ಉಪಗ್ರಹ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನ, ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ಸಂಬಂಧಿತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸರಳವಾದ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವ ಹಾಗೆ ತಲುಪಿಸಬೇಕು ಎನ್ನುವುದು ನನ್ನ ಚಿಂತನೆ ಹಾಗೂ ಆಶಯ. ಇಂತಹ ಪ್ರಯತ್ನವು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯಲ್ಲೇ ಓದುವ ಗ್ರಾಮೀಣ ಪ್ರದೇಶದ ಯುವ ಪ್ರತಿಭೆಗಳಿಗೆ ಅವಶ್ಯಕ ಹಾಗೂ ಅಧಿಕೃತ ಮಾಹಿತಿ ತಲುಪಿಸುತ್ತದೆ. ತನ್ಮೂಲಕ ಅವರಿಗೆ ಉತ್ತಮ ಅವಕಾಶ ಕಲ್ಪಿಸುವಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಭವ್ಯ ಭವಿಷ್ಯ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಹತ್ವದ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿದೆ.

ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಐದು ದಶಕಗಳಿಂದ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನುರಿತ ಹಾಗೂ ಅನುಭವಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಈ ಕೆಲಸ ಆಗಬೇಕು ಎಂಬುವುದು ಸಹಜ ಅಪೇಕ್ಷೆ. ಇದರ ಅಂಗವಾಗಿ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರವು 2022ರಿಂದ

ಪ್ರತಿವರ್ಷ "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆ"ಯ ಭಾಗವಾಗಿ ಹಲವು ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಯೋಜನೆ ಹಾಕಿಕೊಂಡಿತು. ಈ ಯೋಜನೆಯ ಮುಂದುವರಿದ ಭಾಗವಾಗಿ ಈ ವರ್ಷವೂ ಕಿರುಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಹೊರತರುತ್ತಿರುವುದು ಸಂತಸದ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಚಾರಕ್ಕೆ ಸ್ಪಂದಿಸಿ ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ಸುಕತೆಯಿಂದ ನಮ್ಮ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕಿರುಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. 2023ರ ಸರಣಿಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಇಂದು ನಿಮ್ಮ ಕೈ ಸೇರಿರುವುದು ಸಂತಸದ ಸಂಗತಿ. ಎಲ್ಲಾ ಲೇಖಕರ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕೆ ಅಭಿನಂದನೆಗಳು ಹಾಗೂ ಈ ಯೋಜನೆ ಮುಂದೆಯು ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆಯಲೆಂದು ಎಂದು ನನ್ನ ಹಾರೈಕೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಈ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಹಾಗೂ ಅಭಿರುಚಿಯನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡು, ಮೂಲತತ್ವಗಳನ್ನು ಅರಿತುಕೊಂಡು, ಸ್ಫೂರ್ತಿ ಪಡೆದು ಉತ್ತಮ ಭವಿಷ್ಯ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ. ಈ ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶ ಸಾಕಾರಗೊಂಡು, ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಫಲಿತಾಂಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ನನಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿಶ್ವಾಸವಿದೆ.

ಎಂ. ಶಂಕರನ್

ನಿರ್ದೇಶಕರು,

ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ

ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಲಿ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆ

ಪ್ರಿಯ ಓದುಗರೇ,

ಇಸ್ರೊ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರವು (ಯುಆರ್‌ಎಸ್‌ಸಿ) 2022ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಸುವರ್ಣ ಮಹೋತ್ಸವವನ್ನು ಆಚರಿಸುತ್ತಾ ಯುಆರ್‌ಎಸ್‌ಸಿಯ ಕರ್ನಾಟಕ ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಸಮಿತಿಯು, “ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ” ಎಂಬ ಕನ್ನಡ ಪುಸ್ತಕ ಸರಣಿಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿತು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ರಾಕೆಟ್ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ, ಮುಂತಾದ ಹಲವು ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಶಾಲಾ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ, ಸರಳ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕಚಿಕ್ಕ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಯೋಜನೆ ನಮ್ಮ ಸಮಿತಿಯದು. ಇವುಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೇ ಬರೆಯುತ್ತಿರುವುದು ಇದರ ಇನ್ನೊಂದು ವಿಶೇಷ. 2023ರ ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಆಚರಣೆಯ ಭಾಗವಾಗಿ, ಈ ಸರಣಿಯ ಎರಡನೆಯ ಕಂತಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಇದೀಗ ನಿಮ್ಮ ಮುಂದಿವೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಆವೃತ್ತಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಅಂತರ್ಜಾಲ ತಾಣದ ಮೂಲಕ ಉಚಿತವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಮಕ್ಕಳಿಗೂ ತಲುಪಿಸುವ ಗುರಿ ನಮ್ಮದು.

ಈ ಯೋಜನೆಯ ಮುಖ್ಯ ರೂವಾರಿಯಾದ ನಮ್ಮ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಶ್ರೀ. ಎಂ ಶಂಕರನ್ ಅವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಸಮಿತಿಯು ಆಭಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಈ ಸರಣಿಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಸೂಕ್ತ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ ಶ್ರೀ ಹೆಚ್ ಎನ್ ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ಅವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಹೃದಯಪೂರ್ವಕ ಧನ್ಯವಾದಗಳು. ಇಂತಹ ಕಠಿಣ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಸರಳಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ, ಅದರಲ್ಲೂ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ, ಬರೆಯುವುದು ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲೇ ಸರಿ. ಈ ಸವಾಲನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ, ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯಗಳ ನಡುವೆ ಬಿಡುವು ಮಾಡಿಕೊಂಡು, ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಬರೆದು, ಸೂಕ್ತ ಸಮಯಕ್ಕೆ ನಮಗೆ ತಲುಪಿಸಿದ ಎಲ್ಲಾ ಲೇಖಕರಿಗೂ ನಾವು ಕೃತಜ್ಞರಾಗಿದ್ದೇವೆ. ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಹೊರತರಲು ಸಹಕರಿಸಿದ ನಮ್ಮ ಕೇಂದ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಗೂ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಓದಿ, ನಿಮ್ಮ ಸಲಹೆ ಮತ್ತು ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಿದರೆ, ಈ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆಯ ಮುಂದಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಉತ್ತಮಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ರಾಮನಗೌಡ ವಿ. ನಾಡಗೌಡ

ಅಧ್ಯಕ್ಷರು

ಲೇಖಕರ ಮಾತು

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ನಾಡಿನ ಕಿರಿಯರಿಗೆ ತಲುಪಿಸಲು ರೂಪತಳೆದಿರುವ "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ"ಯ ಒಂದು ಹೂವಾಗಿ "ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು" ಈ ಕಿರು ಹೊತ್ತಿಗೆ ಮೂಡಿಬಂದಿದೆ.

ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ನಮ್ಮ ದಿನ ನಿತ್ಯದ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಂತೆ ಪ್ರವೇಶ ಪಡೆದಿದ್ದು. ಅವುಗಳು ನೀಡುವ ಅನೇಕ ಮಾಹಿತಿಗಳು ವಿವಿಧ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತಿವೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸ್ಥಾನ-ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪಲ್ಲಟಗೊಂಡರೂ ಅವುಗಳು ನೀಡುವ ಸೇವೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಯ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನ-ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಗಿರುತ್ತವೆ? ಈ ಕೆಲಸಕ್ಕಾಗಿ ಅವುಗಳಿಗೂ 'ಕಿವಿ' ಮತ್ತು 'ಕಣ್ಣು'ಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸುತ್ತಾರೆಯೇ? ಎಂಬ ನಿಮ್ಮ ಕುತೂಹಲಭರಿತ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಹೌದು, ಅವುಗಳೇ ಸಂವೇದಕಗಳು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳೆಂದರೇನು?, ಉಪಗ್ರಹದ ಅಕ್ಷಗಳು, ಸ್ಥಾನ-ಸ್ಥಿತಿ ಹಾಗೂ ನಿಯಂತ್ರಣ, ಉಪಗ್ರಹದ ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ-ಯಾವ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸುತ್ತಾರೆ ಎಂದು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳಾದ ಭೂ

ಸಂವೇದಕ, ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ, ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕ, ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕ, ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ಇತರ ಸಂವೇದಕಗಳ ಸಚಿತ್ರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಸ್ರೋದ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ "ಲಿಯೋಸ್" ಕುರಿತು ಕಿರು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಯಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ನನ್ನ ಹಿಂದಿನ ಪುಸ್ತಕದಿಂದ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿನ ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕಿರಿಯರು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸರಳವಾಗಿ ಪೋಣಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕ ರೂಪ ತಳೆಯಲು ನಾನು ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಅನೇಕರ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ಕಾರಣ. ಲಿಯೋಸ್ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಡಾ. ಕೆ. ವಿ. ಶ್ರೀರಾಮ, ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಶ್ರೀ ಎಂ. ಶಂಕರನ್ ಮತ್ತು ಇಸ್ರೋದ ಪೂರ್ವ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಶ್ರೀ ಎ. ಎಸ್. ಕಿರಣಕುಮಾರ, ಈ ಪುಸ್ತಕ ಸರಣಿಯ ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಳಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಶ್ರೀ ರಾಮನಗೌಡ ವಿ. ನಾಡಗೌಡ ಹಾಗೂ ಪುಸ್ತಕದ ಕರಡು ಪ್ರತಿಯನ್ನು ಓದಿ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಿದ ಶ್ರೀ ಸುರೇಶಕುಮಾರ ಎಚ್. ಎನ್. ಅವರುಗಳಿಗೆ ಧನ್ಯವಾದಗಳು.

ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಹಂತದವರೆಗಿನ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲೇ ಪಡೆದ ನನಗೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲು

ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ಸಿಕ್ಕಿದ್ದು ನನ್ನ ತಂದೆ–ತಾಯಿಯವರಿಂದ. ಈ ಪುಸ್ತಕ ಬರೆಯಲು ಆರಂಭಿಸಿದಾಗ ನಮ್ಮ ನಡುವೆ ಇದ್ದ ತಂದೆಯವರು ಶ್ರೀ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ, ನಿವೃತ್ತ ಶಿಕ್ಷಕರು, ಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಗೊಳ್ಳುವ ಹೊತ್ತಿಗೆ ನಮ್ಮನ್ನು ಅಗಲಿದರೂ ಅವರು ಬಳಸುವ ಸರಳ ಅಚ್ಚಕನ್ನಡ ಶಬ್ದಗಳು ಸದಾ ಕಿವಿಯಲ್ಲಿ ರಿಂಗಣಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಅವರ ಕನ್ನಡಾಭಿಮಾನ ಹಾಗೂ ಅಮ್ಮ ಶ್ರೀಮತಿ ಸೀತಾ ಅವರ ಮೆಚ್ಚುಗೆಯ ನುಡಿಗಳು ಬರೆಯಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡಿತು. ನನ್ನ ಈ ಬರವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ನನ್ನ ಮಡದಿ ಶ್ರೀಮತಿ ಜಯಲಕ್ಷ್ಮಿಯ ವಿಮರ್ಶಾತ್ಮಕ ಸಲಹೆ ಹಾಗೂ ಮೊದಲನೇ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸುಂದರವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ನನ್ನ ಮಗ ಗಿರಿಜಾಚಂದನನ ಕುತೂಹಲವೂ ಸೇರಿದೆ. ನನ್ನ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಸಂತಸ ಸೂಚಿಸುವ ಅಕ್ಕ ಶ್ರೀಮತಿ ಶ್ಯಾಮಲತಾ ಮತ್ತು ನನ್ನ ಎಲ್ಲಾ ಬಂಧು–ಮಿತ್ರರನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೆನಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದೇನೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕ ಬರೆಯಲು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಮತ್ತು ಪರೋಕ್ಷ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡಿದ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಹೃತ್ಪೂರ್ವಕ ವಂದನೆಗಳು.

14/11/2023 **ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ**

ಪರಿವಿಡಿ

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ	01
2. ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು	09
3. ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳು	19
4. ಸೂರ್ಯ/ ಸೌರ ಸಂವೇದಕಗಳು	25
5. ನಕ್ಷತ್ರ/ ತಾರಾ ಸಂವೇದಕಗಳು	35
6. ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳು	39
7. ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳು	42
8. ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕಗಳು	45
9. ಇಸ್ರೋದ ವಿದ್ಯುತ್-ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ	48
10. ಉಪಸಂಹಾರ	54

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಇಸ್ರೋದ ಚಂದ್ರಯಾನ–3 ಯೋಜನೆ ಭಾರತದ ಹಿರಿ–ಕಿರಿಯರಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಶೇಷ ಕುತೂಹಲ ಮೂಡಿಸಿದೆ. ಚಂದ್ರಯಾನ–3 ಉಪಗ್ರಹದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟ ವಿಕ್ರಮ್ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಚಂದ್ರನನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ಭಾರತವು, ಚಂದ್ರನ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇಳಿದು, ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಧನೆ ಮಾಡಿದ ಮೊದಲ ದೇಶವಾಯಿತು.

ಹೌದಲ್ಲವೇ..? ಅದೊಂದು ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರವಾದ ಕೆಲಸ... ಇಷ್ಟು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಚಂದಿರನ ಅಂಗಳದಲ್ಲಿ ಇಳಿಯಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು? ಈ ಕೆಲಸದಲ್ಲಿ ವಿಕ್ರಮ್ ಲ್ಯಾಂಡರನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಗಣಕಯಂತ್ರವು ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳು ನೀಡುವ ಪಥ ಸಂಚಲನೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ಇಳಿಯಬೇಕಾದ ಜಾಗ, ಅದು ಇರುವ ದೂರ, ವೇಗ ಎಷ್ಟಿರಬೇಕು?, ಮತ್ತಿತರ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿ ಇಳಿಯುವಂತೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ನೀಡಿತು. ವಿಕ್ರಮ್ ಲ್ಯಾಂಡರನಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳು ಸಂವೇದನೆಯ ಮೂಲಕ ನೀಡುವ

ಮಾಹಿತಿಯು, ಪಥ ನಿರ್ದೇಶನ ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಣೆ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವಹಿಸಿತು. ಇದೇ ರೀತಿ ಚಂದ್ರಯಾನ–3 ಭೂಮಿಯಿಂದ ಬಾನಿಗೆ ಚಿಮ್ಮಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ದಿನಗಳ ಕಾಲ ಚಲಿಸಿ ಚಂದಿರನ ಬಳಿ ತಲುಪುವವರೆಗೆ ಮತ್ತು ಚಂದಿರನ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವಾಗ ಸರಿಯಾದ ಪಥ–ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಸಂವೇದಕಗಳು ನೀಡುವ ಸೂಚನೆಗಳು ಮಹತ್ತರವಾದ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿವೆ.

ಮಕ್ಕಳೇ, ಮೇಲಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ ನೀವು ಕೆಲವು ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು.. ಉಪಗ್ರಹ, ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ಮತ್ತು ಸಂವೇದಕ. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿಗೆ ಉಪಗ್ರಹ, ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ಮತ್ತು ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಮುಂದಿನ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು ಏಕೆ ಬೇಕು?, ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಯಾವ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ?, ಅವುಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುತ್ತಾರೆ? ಎನ್ನುವುದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

1.1 ಉಪಗ್ರಹ

ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಗ್ರಹದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುವ ಆಕಾಶಕಾಯವನ್ನು ಉಪಗ್ರಹವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಚಂದ್ರನು ಭೂಮಿಯ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಉಪಗ್ರಹ. ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳು 1957 ರಿಂದ ಭೂಮಿ ಮತ್ತಿತರ ಕೆಲವು ಗ್ರಹಗಳ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತಲು ಆರಂಭಿಸಿದವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು 'ಉಪಗ್ರಹ'ಗಳೆಂದೇ ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಉಪಗ್ರಹಗಳು ನೀಡುವ ಅನೇಕ ಮಾಹಿತಿಗಳು, ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಂತೆ, ದಿನನಿತ್ಯದ ವಿವಿಧ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತಿವೆ. ದೂರಸಂಪರ್ಕ, ದೂರದರ್ಶನ, ಹವಾಮಾನದ ಸ್ಥಿತಿ-ಗತಿ, ಸಮುದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಜಲಚರಗಳ ಮಾಹಿತಿ, ಭೂ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಮಾಹಿತಿ.... ಒಂದೇ, ಎರಡೇ.... ಇವೆಲ್ಲವುಗಳು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಮೂಲಕ ನಮ್ಮನ್ನು ತಲುಪುತ್ತವೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ವಿವಿಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಿಗೂ ಬಳಸಲ್ಪಡುತ್ತಿವೆ. ಅವುಗಳು ನೀಡುವ ಹೊಸ ಹೊಸ ಮಾಹಿತಿಗಳು ವಿಶ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರದ ಅನೇಕ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅರಿವು ಮೂಡಿಸುತ್ತಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ

ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ದ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ವಿವಿಧ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರಬೇಕು, ಪೂರ್ವ ನಿರ್ಧಾರಿತವಾದಷ್ಟು ವಾಲಿರಬೇಕು, ಭೂಮಿ, ಇತರ ಗ್ರಹಗಳು ಅಥವಾ ಮತ್ತಿತರ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳನ್ನು ಸದಾಕಾಲ ನೋಡುತ್ತಿರಬೇಕು. ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಇದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ನಿಖರವಾದ ಮಾಹಿತಿಗಳು ನಮಗೆ ಸಿಗುತ್ತವೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಆ ಕಡೆ–ಈ ಕಡೆ ಕದಲಿದರೂ, ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟವಾದರೂ ನಮಗೆ ತಲುಪಬೇಕಾದ ಮಾಹಿತಿ ತಲುಪಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಹಾಗಾದರೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಅವುಗಳಿಗೆ ನಿಗದಿಪಡಿಸಿದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಗಿರುತ್ತವೆ? ಅವುಗಳಿಗೆ ಕಣ್ಣು ಕಿವಿಗಳಿವೆಯೇ? ಹೌದು... ಈ ಕೆಲಸಕ್ಕಾಗಿ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳೆಂಬ 'ಕಿವಿ–ಕಣ್ಣು'ಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ!

ಪುಟಾಣಿಗಳೇ ನಿಮಗೆಲ್ಲ ಗೊತ್ತಿರುವಂತೆ .... ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ವಿಷಯವನ್ನು ಅರಿಯುವಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಇಂದ್ರಿಯಗಳು ಬಹುಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಪಂಚೇಂದ್ರಿಯಗಳಾದ ಕಣ್ಣು, ಕಿವಿ, ಮೂಗು, ನಾಲಿಗೆ ಮತ್ತು ಚರ್ಮ ನಮಗೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಸಂವೇದನೆಗಳನ್ನು

ನೀಡುತ್ತವೆ. ಕಣ್ಣಿನ ಮೂಲಕ ನೋಡುತ್ತೇವೆ, ಕಿವಿಯ ಮೂಲಕ ಕೇಳುತ್ತೇವೆ, ಮೂಗಿನ ಮೂಲಕ ವಾಸನೆ ಗ್ರಹಿಸುತ್ತೇವೆ, ನಾಲಿಗೆಯ ಮೂಲಕ ರುಚಿಯನ್ನು ಆಸ್ವಾದಿಸುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಚರ್ಮದ ಮೂಲಕ ಸ್ಪರ್ಶ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಕಣ್ಣು ಮತ್ತು ಕಿವಿಗಳು ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಮೂಲಕ ದೂರಸಂವೇದಕಗಳಾಗಿ ಕೆಲಸ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ನಾವು ಹೇಗೆ ನಮ್ಮ ಇಂದ್ರಿಯಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂವೇದನೆಯನ್ನು ಪಡೆದು ಅದಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತೇವೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಅನೇಕ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಕೂಡಾ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳು ನೀಡುವ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿರುತ್ತವೆ.

1.2 ಸಂವೇದಕಗಳು ಎಂದರೇನು?

ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆದು ಅದನ್ನು ಓದಬಲ್ಲ ಸಂಕೇತವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವ ಪರಿವರ್ತಕಗಳನ್ನು ಸಂವೇದಕಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಸಂವೇದಕಗಳು ಭೌತಿಕ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರ ಹೊರತಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸುವ, ಸೂಚಿಸುವ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ದಿನನಿತ್ಯ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಂತೆ ಹಲವಾರು ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ನಾವು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕ, ತೂಕ ಅಳೆಯುವ ಯಂತ್ರ, ದಿಕ್ಸೂಚಿ ಇತ್ಯಾದಿ.

ಸಂವೇದಕಗಳು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸಂಕೇತಗಳು ಅಥವಾ ಅವುಗಳು ಪಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಆರು ವಿಧವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

1] ಯಾಂತ್ರಿಕ (mechanical) ಸಂವೇದಕ

2] ಉಷ್ಣ (thermal) ಸಂವೇದಕ

3] ವಿದ್ಯುತ್ (electric) ಸಂವೇದಕ

4] ಕಾಂತೀಯ (magnetic) ಸಂವೇದಕ

5] ವಿಕಿರಣ (radiation) ಸಂವೇದಕ

6] ರಾಸಾಯನಿಕ (chemical) ಸಂವೇದಕ

1.3 ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ (attitude) ಎಂದರೇನು?

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗಗನನೌಕೆಯ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಅದು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುವುದನ್ನು ಅದರ ಸ್ಥಾನ, ವೇಗ ಮತ್ತು ವಾಲುವಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಪಗ್ರಹ ಯಾವ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆಂಗ್ಲ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು satellite attitude determination ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಶಬ್ದಕೋಶದಲ್ಲಿ attitude ಶಬ್ದಕ್ಕೆ 'ಪ್ರವೃತ್ತಿ' ಎನ್ನುವ ಅರ್ಥವಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಶಬ್ದಾರ್ಥವು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿನ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಮಂಜಸವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ಗಗನನೌಕೆಗಳಿಗೆ 'ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ' ಎನ್ನುವ ಶಬ್ದವು ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಅದನ್ನೇ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ.

ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು ಏಕೆ ಬೇಕು?

- ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನದ (ರಾಕೆಟ್) ಮೂಲಕ ಅಂತರಿಕ್ಷದೆಡೆಗೆ ಪಯಣ ಆರಂಭಿಸುವ ಉಪಗ್ರಹದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಹಂತದ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿ ನೀಡಲು.
- ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟ ನಂತರ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ನಿಗದಿತ ಕಕ್ಷೆಗೆ ಸೇರಿಸಲು.
- ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಭೂಮಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ಮಾಹಿತಿ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಭೂಮಿಯ ಚಿತ್ರ ತೆಗೆಯಲು).
- ಉಪಗ್ರಹದ ಜೀವಿತಾವಧಿಯವರೆಗೆ ಬೇರೆ–ಬೇರೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಲು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ವಿವಿಧ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧಿಸಲು).
- ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ಮತ್ತು ಆರೋಗ್ಯದ (ಉಷ್ಣತೆ, ಒತ್ತಡ) ಬಗ್ಗೆ ಅರಿಯುಲು.

2. ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು

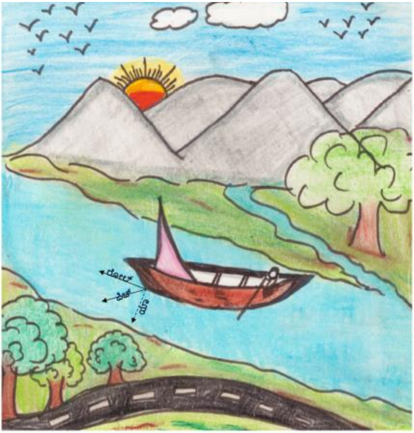
ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿವಿರವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೂ ಮೊದಲು, ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಅಕ್ಷಗಳು, ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವು ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

2.1 ಉಪಗ್ರಹದ ಅಕ್ಷಗಳು

ನಾವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಾಗ "ಎಕ್ಸ್ (x), ವೈ (y) ಮತ್ತು ಝಡ್ (z)" ಎಂಬ ಮೂರು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತೇ ಇದೆ ಅಲ್ಲವೇ? ಇದೇ ರೀತಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳಾದ "ಯಾ (yaw), ರೋಲ್ (roll) ಮತ್ತು ಪಿಚ್ (pitch)"ಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ವಿಚಲನಾಕ್ಷ, ಸುತ್ತುವಅಕ್ಷ, ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನಾಕ್ಷ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸರಳವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು

ನದಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ದೋಣಿಯನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ (ಚಿತ್ರ–1).

ದೋಣಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ದಿಕ್ಕು ರೋಲ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ದೋಣಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಿಸಬೇಕಾದಾಗ ಗಣನೆಗೆ ಬರುವ ಅಕ್ಷವೇ 'ಯಾ' ಅಕ್ಷ. ಈ ಅಕ್ಷವು ದೋಣಿಯ ತಳದಿಂದ ನದಿಯ ಆಳದೆಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ದಡದಿಂದ ದೋಣಿಯನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ರೇಖೆಯು ಪಿಚ್ ಅಕ್ಷವಾಗಿರುತ್ತದೆ.



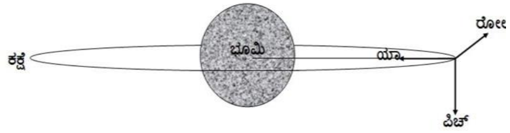
ಚಿತ್ರ–1: ನದಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಹಾಯಿ ದೋಣಿ.

ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವ ಉಪಗ್ರಹದ ಅಕ್ಷಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ–2 ರಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬಹುದು.

ಯಾ (ವಿಚಲನಾಕ್ಷ): ಭೂ ಕೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ರೇಖೆಯು ಯಾ ಅಕ್ಷ/ ವಿಚಲನಾಕ್ಷವಾಗಿದೆ. ಇದು ಭೂ ಕೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ಕಕ್ಷೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯದೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ರೋಲ್ (ಸುತ್ತುವಅಕ್ಷ): ಉಪಗ್ರಹದ ವೇಗದ ದಿಕ್ಕಿನ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ರೇಖೆಯೆ ರೋಲ್ ಅಕ್ಷ/ ಸುತ್ತುವ ಅಕ್ಷ ಆಗಿದೆ. ರೋಲ್ ಅಕ್ಷವು ಉಪಗ್ರಹದ ಪಥದ ಸ್ಪರ್ಶ ರೇಖೆ(tangent)ಯಾಗಿದೆ. ಯಾ ಮತ್ತು ರೋಲ್ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಪಿಚ್ (ಸ್ಥಾನಾಕ್ಷ): ಯಾ ಮತ್ತು ರೋಲ್ ಅಕ್ಷದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಅಕ್ಷ.



ಚಿತ್ರ–2: ಉಪಗ್ರಹದ ಅಕ್ಷಗಳು.

2.2 ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ನಿಯಂತ್ರಣ ಏಕೆ, ಹೇಗೆ?

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಸೆಳೆತಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತವೆ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಗಗನನೌಕೆಯು ಅಲ್ಲಿನ ವಾತಾವರಣದ ಸೆಳೆತಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತದೆ). ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಅಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ದೋಷಗಳು (errors) ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ದೋಷವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ದೋಷಗಳು ಉಂಟಾದಾಗ ಉಪಗ್ರಹಳಿಂದ ಸಿಗಬೇಕಾದ ಸೇವೆಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ದೂರಸಂವೇದನಾ ಚಿತ್ರಗಳು ದೋಷಪೂರಿತವಾಗಬಹುದು, ದೂರದರ್ಶನದ ಸಂಕೇತಗಳು ಸಿಗದೇ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ ವೀಕ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಚಣೆ ಆಗಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ವ್ಯತ್ಯಯವಾದಾಗ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಮೂಲಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ತರುವಂತಹ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅಥವಾ ಈ ರೀತಿ ಯಾವುದೇ ವ್ಯತ್ಯಯ ಉಂಟಾಗದಂತೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಕೆಲಸವನ್ನು ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿಯಂತ್ರಣ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಕ್ಯಾಮರಾ ಮತ್ತಿತರ ಉಪಕರಣಗಳ

ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯು ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ನಿಖರವಾದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ನಿಯಂತ್ರಣವು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವಾಗಿದೆ.

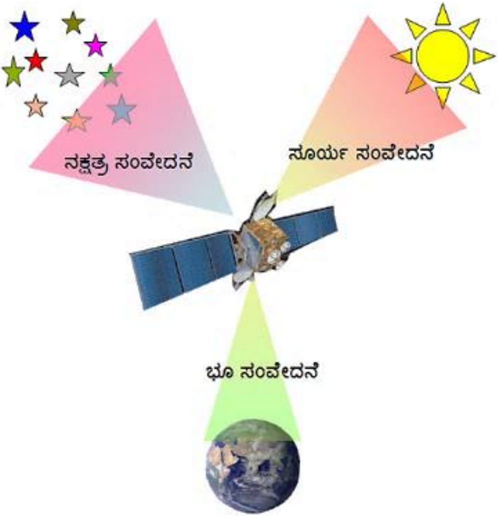
2.3 ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು?

ಗಗನದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಭೂಮಿ, ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಯಾವ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳನ್ನು

ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧಾರ ಮಾಡಲು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಆಧಾರಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗಿನಂತೆ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

1. ಭೂ ಸಂವೇದಕ (Earth sensor)
2. ಸೂರ್ಯ/ ಸೌರ ಸಂವೇದಕ (Sun sensor)
3. ನಕ್ಷತ್ರ/ ತಾರಾ ಸಂವೇದಕ (Star Sensor)
4. ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕ (magnetic sensor)

ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆಯೋ ಅವುಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ವಿವಿಧ



ಚಿತ್ರ–3: ಉಪಗ್ರಹದ ಸಂವೇದನೆಗೆ ಬಳಸುವ ಪ್ರಮುಖ ಆಧಾರಗಳು.

ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ–3).

ಭೂಮಿ, ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲದೆ ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹದ ಒಳಗೆ

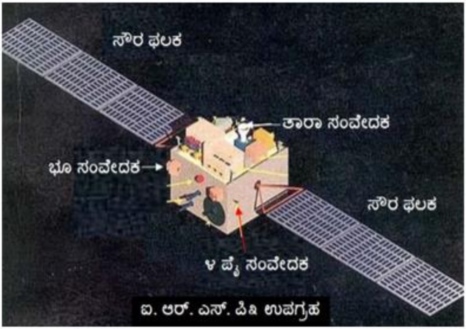
ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳನ್ನೂ (gyroscope) ಸಹ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

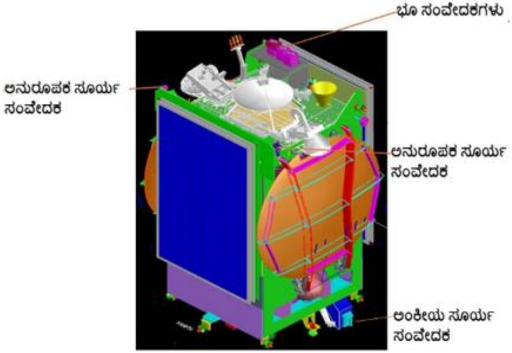
2.4 ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ?

- ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ವಿಚಲನಾಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುತ್ತಾರೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಇದು ಸುತ್ತುವಅಕ್ಷ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನಾಕ್ಷದಲ್ಲಿರುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತದೆ.
- ಸೌರ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಉಳಿದೆರಡು ಅಕ್ಷಗಳು ಅಂದರೆ ಸುತ್ತುವಅಕ್ಷ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನಾಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸುತ್ತುವಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೌರ ಸಂವೇದಕಗಳು ವಿಚಲನೆ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನದ ದೋಷಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಿದರೆ ಸ್ಥಾನಾಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೌರ ಸಂವೇದಕಗಳು ವಿಚಲನೆ ಮತ್ತು ಸುತ್ತುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ದೋಷದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.
- ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿನ ದೋಷಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದನ್ನು ಬೇಕಾದರೂ ಅಳೆಯಲು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಯಾವ ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೋ ಅದನ್ನು

ಹೊರತುಪಡಿಸಿ ಉಳಿದೆರಡು ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ದೋಷದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

- ಭೂ ಸಂವೇದಕ, ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ, ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಸ್ಥಾನ-ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದು [ಆಕರ ಸೂಚಿ 1, 2].
- ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳು ಉಪಗ್ರಹವು ರಾಕೆಟ್‌ನಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ಸೇರುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ.





ಚಿತ್ರ–4: ಐ.ಆರ್.ಎಸ್. ಪಿ3 ಮತ್ತು ಜಿ ಸ್ಯಾಟ್–5ಪಿ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳು.

ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ನಿಖರತೆಯು, ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ನೀಡುವ ಮಾಹಿತಿ ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಇತರ ಸಂಸ್ಕರಣ ವಿಭಾಗಗಳು ನೀಡುವ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ಹೊರತಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹದ ಆರೋಗ್ಯವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.

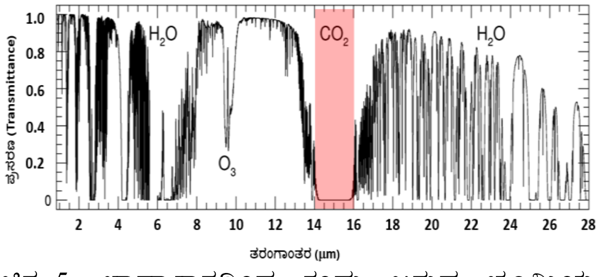
ಐ.ಆರ್.ಎಸ್.ಪಿ3 (IRS P3) ಮತ್ತು ಜಿಸ್ಯಾಟ್–5ಪಿ (GSAT–5P) ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ–4 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇನ್ಸಾಟ್–2 ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿರುವ ಭೂ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ವಿವರವನ್ನು ಕೋಷ್ಟಕ–1 ರಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

ಮುಂದಿನ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿನ ದೋಷಗಳನ್ನು ಅರಿಯಲು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುವ ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿವರವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

3. ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವಂತಹ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಭೂಮಿ ಒಂದು ಬಹು ದೊಡ್ಡ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕಾಯ. ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಸರಿಸುಮಾರು 40 % ಆಕಾಶವನ್ನು ಭೂಮಿಯೇ ಆವರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ಬಹುಮುಖ್ಯ ಆಕರವಾಗಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ರೋಹಿತ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ಭೂಮಿಯು 14 – 16 μm ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾದ ಉಷ್ಣಲವಗೆಂಪು



ಚಿತ್ರ–5: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಕಂಡು ಬರುವ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವ ರೋಹಿತ ಪಟ್ಟಿ.

(thermal infrared) ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೊರಚೆಲ್ಲುತ್ತಿರುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ–5). ಆದಕಾರಣ ಈ ತರಂಗಾಂತರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಉಷ್ಣಅವಗೆಂಪು ಸಂವೇದನಾ ತತ್ವವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಶೋಧಕಗಳನ್ನು ಭೂಸಂವೇದನೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈ (300 ಕೆಲ್ವಿನ್) ಮತ್ತು ತಂಪಾಗಿರುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ (4 ಕೆಲ್ವಿನ್) ಉಷ್ಣತೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತುಲನೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಶೋಧಕಗಳಾದ

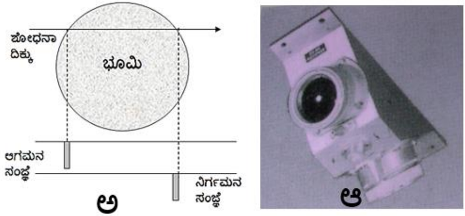
ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳು ದೃಗ್ಗೋಚರ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿ ಇರದಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲೂ ಸಹ ಬಳಸಬಹುದು. ಈ ಸಂವೇದಕ ನೀಡುವ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಮಿಯೆಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿವೆಯೇ ಇಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ, ಅಲ್ಲದೆ ಉಪಗ್ರಹದ ವಿವಿಧ ಹಂತದ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ (ಕೋಷ್ಟಕ–1ನ್ನು ಗಮನಿಸಿ).

ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮ (thermocouple), ಪೈರೋ–ವಿದ್ಯುತ್ (pyroelectric) ಸಾಧನ, ಉಷ್ಣಗ್ರಾಹಿರೋಧಕ (thermistor) ಮತ್ತು ಬೋಲೋಮಿಟರ್ (bolometer) ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ [ಆಕರ ಸೂಚಿ 3].

ಉಪಗ್ರಹಗಳ ವಿಧ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕಕ್ಷೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಭೂಮೇಲ್ಮೈ ಸಂವೇದಕ (horizon crossing sensor), ಶೋಧನಾ ಭೂ ಸಂವೇದಕ (scanning earth sensor) ಮತ್ತು ಸ್ಥಿರ ಭೂ ಸಂವೇದಕ (static earth sensor) ಎಂದು ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

3.1 ಭೂಮೇಲ್ಮೈ ಸಂವೇದಕ

ಈ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಗಿರಕಿ ಹೊಡೆಯುತ್ತಿರುವ (spinning) ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಸಂವೇದಕವು ಭೂಮಿಯ ಅಂಚನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದಾಗ ಸಂಕೇತ ಸಂಸ್ಕರಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ರವಾನೆಯಾಗುವ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಆಗಮನ ಸಂಜ್ಞೆ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಹಾಗೆಯೆ ಭೂಮಿಯ ಅಂಚಿನಿಂದ ದೂರ

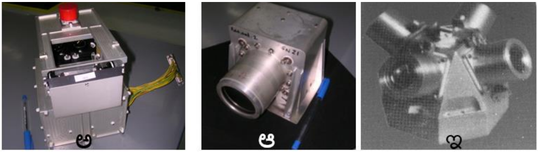


ಚಿತ್ರ–6: ಅ] ಭೂ ಮೇಲ್ಮೈ ಸಂವೇದಕವು ಭೂ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಜ್ಞೆಗಳು, ಆ] ಭೂಮೇಲ್ಮೈ ಸಂವೇದಕ.

ಸರಿಯುವಾಗ ನಿರ್ಗಮನ ಸಂಜ್ಞೆ ರವಾನೆಯಾಗುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ–6ಅ).

3.2 ಶೋಧನಾ ಭೂ ಸಂವೇದಕ

ಭೂ–ಸ್ಥಿರ/ ಭೂ ಮೇಳೈಕ ಕಕ್ಷೆ ಹಾಗೂ ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಭೂ–ಸ್ಥಿರ/ ಭೂ ಮೇಳೈಕ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ದರ್ಪಣ (mirror) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅವುಗಳು 25 ರಿಂದ 30° ಯಷ್ಟು ತಿರುಗುವುದರ ಮೂಲಕ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಶೋಧಿಸುವಂತೆ



ಚಿತ್ರ–7: ಅ] ದರ್ಪಣ ಶೋಧನಾ ಭೂ ಸಂವೇದಕ, ಆ] ಶಂಖು ಶೋಧನಾ ಭೂ ಸಂವೇದಕ, ಇ] ಸ್ಥಿರ ಭೂ ಸಂವೇದಕ.

ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ (low earth orbit) ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ದರ್ಪಣ ಹೊಂದಿದ ದ್ಯುತಿ ಶೋಧನಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿಯಲು ಇವು 120° ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತಿರುಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ! ಆದುದರಿಂದ ಪಟ್ಟಕ (prism) ಬಳಸಿದ ಶಂಖುವಿನಾಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಶೋಧನಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು (conical scanning system) ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ಪಟ್ಟಕ ಭೂಮಿಯ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ಪಡೆಯಲು 45° ಗಳಷ್ಟು ಬಾಗುತ್ತದೆ.

3.3 ಸ್ಥಿರ ಭೂ ಸಂವೇದಕ

ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮ ಜಾಲ (thermopile) ಶೋಧಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವ ಈ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳಿಲ್ಲ. ಇವುಗಳನ್ನು ಭೂ–ಸ್ಥಿರ/ ಭೂ ಮೇಳೈಕ ಹಾಗೂ ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಭೂ–ಸ್ಥಿರ/ ಭೂ ಮೇಳೈಕ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಥಿರ ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳು ಕೇವಲ ಒಂದು ಅವೆಗೆಂಪು ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ (infrared optics) ಮೂಲಕ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ನೀಡಿದರೆ, ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಥಿರ ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳು ನಾಲ್ಕು ಅವೆಗೆಂಪು ದ್ಯುತಿ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು (Infrared Telescope) ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ (ಚಿತ್ರ–7ಇ).

4. ಸೂರ್ಯ/ಸೌರ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಸೂರ್ಯ ಹೊರಸೂಸುವ ದೃಗ್ಗೋಚರ (visible) ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವ ಮೂಲಕ ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನಿಕ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು 'ಸಿಲಿಕಾನ್' ನಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಸೌರಕೋಶ (solar cell) ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಯುಗ್ಮ ಸಾಧನಗಳನ್ನು (charge couple device- CCD) ಶೋಧಕವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತವೆ.

ಕಾರ್ಯ ವೈಶಾಲ್ಯತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಬಹುತೇಕ ಎಲ್ಲಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಸೂರ್ಯನ ಕೋನೀಯ ತ್ರಿಜ್ಯ (angular radius) ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾಗಿದ್ದು (0.267° @ ಒಂದು ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ) ಯಾವುದೇ ಕಕ್ಷೆಗಳಿಗೆ ಸೀಮಿತವಾಗಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ಆಧಾರ ಬಿಂದುವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ, ಗಣಕೀಕರಣ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಾಂಶಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಸುಲಭವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಖರವಾದ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಲಭ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ ಕಡಿಮೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಳಸುವ ಸರಳ ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧಾರ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಂರಕ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ, ಸೌರ ಫಲಕಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ, ಹಾಗೂ ಆನ್–ಬೋರ್ಡ್ (on-board) ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (analog Sun sensor), ಸೂರ್ಯನ ಇರುವು ತಿಳಿಸುವ ಸಂವೇದಕ (Sun presence sensor) ಮತ್ತು ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (digital Sun sensor) ಎಂದು ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

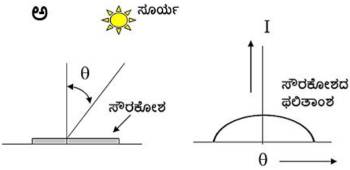
4.1 ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ

ಸೂರ್ಯ ಕಿರಣಗಳು ಬೀಳುವ ಕೋನ(θ)ಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಈ ಸಂವೇದಕದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೌರಕೋಶಗಳು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು

ನೀಡುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯಕಿರಣಗಳು ಸೌರಕೋಶದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು (I) ಈ ಕೆಳಗಿನಂತೆ ಸಮೀಕರಿಸಬಹುದು.

$$I(\theta)=I(0)\cos\theta$$

ಇವುಗಳನ್ನು ಕೊಸೈನ್ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳು ಎಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಯಾವಾಗ ಸೂರ್ಯಕಿರಣಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಸೌರಕೋಶದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆಯೋ ($\theta=0°$) ಆಗ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ



ಚಿತ್ರ–8 : ಅ] ಸೌರಕೋಶದ ಕೋನೀಯ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ, ಆ] ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ.

(I(θ)=I(0)). ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಸೌರಕೋಶದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಕೋನ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು 90° ಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಅಂದರೆ ಸೂರ್ಯ ಮರೆಯಾದಾಗ, ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ (ಚಿತ್ರ–8ಅ).

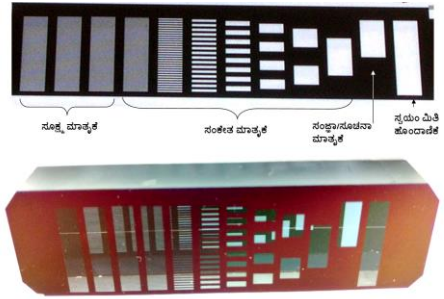
4.2 ಸೂರ್ಯನ ಇರುವು ತಿಳಿಸುವ ಸಂವೇದಕ

ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಂರಕ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯಾರಂಭಕ್ಕೆ, ಹಾಗೂ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾನಾಂತರಣಗೊಳಿಸುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನು ಯಾವಾಗ ಕ್ಷೇತ್ರವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾನೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸುವಲ್ಲಿ ಈ ಸಂವೇದಕಗಳ ಪಾತ್ರ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಈ ಸಂವೇದಕದ ಎದುರು ಹಾದುಹೋಗುವಾಗ, ಥಟ್ಟನೆ ಬದಲಾಗುವ (steep output) ಸಂಕೇತ ರವಾನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಇರುವು ತಿಳಿಸುವ ಬೇರೆ–ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಸಂವೇದಕಗಳಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನೆರಳು ಪಟ್ಟಿ (shadow bar), ಸಮದ್ವಿಬಾಹು ಪಟ್ಟಕ (isosceles prism) ಸಂವೇದಕ.

4.3 ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ

ಈ ಸಂವೇದಕವು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ಸ್ಥಾನ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮಾಹಿತಿ ನೀಡುವ ಸಂವೇದಕವಾಗಿದೆ. ಇದು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. 1] ಆದೇಶ ನೀಡುವ ವಿಭಾಗವು ಸೂರ್ಯನ ಇರುವು ತಿಳಿಸುವ ಸಂವೇದಕದಂತೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಿದರೆ 2] ಮಾಪನ ವಿಭಾಗವು ಸೂರ್ಯನ ಅಕ್ಷ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹದ ಕೋನದ ನಡುವಿನ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅಂಕೀಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನೀಡುತ್ತದೆ.

ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕದ ಮಾಪನ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಸ್ಪಟಿಕ (quartz) ಗಾಜಿನಿಂದ ಮಾಡಲಾಗಿದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಅಳತೆಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಆಯತಾಕಾರದ ಸೀಳಿನ ಸಾಲುಗಳಿವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಾಲುಗಳ ಕೆಳಗೆ ಒಂದೊಂದು ಸೌರಕೋಶಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಸಾಲುಗಳನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಘಟಕಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಲಾಗಿದೆ (ಚಿತ್ರ–9). ಸ್ವಯಂ ಮಿತಿ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ (automatic threshold adjustment) ಘಟಕವು ಸೌರ ಛಾಯೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಯಾವ ಮಿತಿ ತಲುಪಿದಾಗ ಉಳಿದ ಘಟಕಗಳು ಕಾರ್ಯಾರಂಭ ಮಾಡಬೇಕು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಸೂಚನಾ



ಚಿತ್ರ–9: ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕದ ಮಾಪನ ಘಟಕ.

ಮಾತೃಕೆಯು (sign bit) ಸೂರ್ಯನು ಸಂವೇದಕದ ಯಾವ ಕಡೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾನೆ ಎಂದು ತಿಳಿಸಿದರೆ, ಸಂಕೇತ ಮಾತೃಕೆ (encoder bit) ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಾತೃಕೆಯು (fine bit) ಸಂವೇದಕದ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಸೂರ್ಯ ಛಾಯೆಯು ಎಷ್ಟು ಸ್ಥಾನಾಂತರಣಗೊಂಡಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಆಯತಾಕಾರದ ಸೀಳುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ಛಾಯೆಯು ಅಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಶೋಧಕದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ; ಇದರಿಂದಾಗಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಅಂಕಾತ್ಮಕ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು

ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಸೌರ ಕೋನವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವ ಮೂರು ರೀತಿಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲದೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಜಾಗ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ 4ಪೈ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (4π Sun sensor), ಸೌರಫಲಕ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (solar panel Sun sensor) ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳೆಂದು (fine Sun sensor) ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

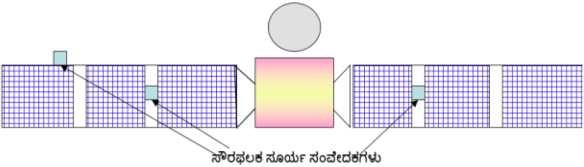
4.4 4ಪೈ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ

4ಪೈ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ಸೂರ್ಯನೆಡೆಗೆ ತಿರುಗಿಸಲು ಹಾಗೂ ಸುರಕ್ಷಿತ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ (safe mode) ಉಪಗ್ರಹ ಇರುವಾಗ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ನಾಲ್ಕು ಬೇರೆ–ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳು ವಿಶಾಲ ಕೋನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು (4π steradian) ಹೊಂದಿದ್ದು ಉಪಗ್ರಹ ಯಾವುದೆ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ/

ವಾಲುವಿಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಸೂರ್ಯನ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ.

4.5 ಸೌರಫಲಕ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ

ಉಪಗ್ರಹದ ಸೌರಫಲಕಗಳು ಸದಾ ಸೂರ್ಯನೆಡೆಗೆ ಮುಖಮಾಡಲು ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಸಹಾಯಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸೌರಫಲಕದ ಎರಡೂ ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ (ಚಿತ್ರ–10ನ್ನು ಗಮನಿಸಿ). ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಆಯತಾಕಾರದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಸೌರಕೋಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.



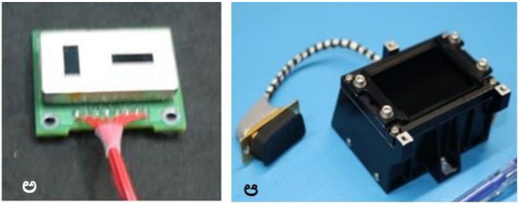
ಚಿತ್ರ–10: ಭೂ ಸ್ಥಿರ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸೌರಫಲಕದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳು.

4.6 ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಬರುವ ದಾರಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾದ ಸೀಳುಗನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ಅದರ ಛಾಯೆಯು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ತಳದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೌರಕೋಶಗಳು ಅಥವಾ ಸೌರಕೋಶವ್ಯೂಹದ (array detector) ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸೌರಕೋಶಗಳು ನೀಡುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ ಅತ್ಯಂತ ಕರಾರುವಕ್ಕಾದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಳೆದ ಒಂದು ದಶಕದಿಂದೀಚೆಗೆ ನಡೆದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದಾಗಿ, ಕಡಿಮೆ ಗಾತ್ರ, ತೂಕ, ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿಖರತೆ ಹೊಂದಿದ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳೆಂದರೆ ಮೈಕ್ರೋ (micro) ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ, ಮೈಕ್ರೋ ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (**ಚಿತ್ರ–11**) ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಚಿತ್ರಬಿಂದು (active pixel) ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ. ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಮೈಕ್ರೋ ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ

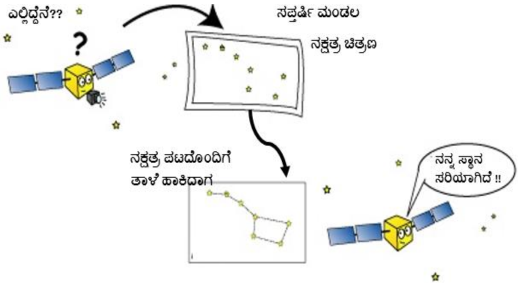
ಸಂವೇದಕದ ಗಾತ್ರ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದು, ಕಾರ್ಯವ್ಯಾಪ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ. ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕದೊಂದಿಗೆ ಮೈಕ್ರೋ ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕವನ್ನು ತುಲನೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅದರ ತೂಕ ಹತ್ತು ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದು, ನಿಖರತೆ ಐದು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ. ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಚಿತ್ರಬಿಂದು ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ನಿಖರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಅಗತ್ಯಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಅನೇಕ ಉಪಗ್ರಹಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಹಳೆಯ ಸಂವೇದಕಗಳಿಗೆ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ–11: ಅ] ಮೈಕ್ರೋ ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ ಆ] ಮೈಕ್ರೋ ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ.

5. ನಕ್ಷತ್ರ/ ತಾರಾ ಸಂವೇದಕಗಳು

ನೀವೆಲ್ಲರೂ ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲಿ ಆಕಾಶವನ್ನು ನೋಡಿರುತ್ತಿರಲ್ಲವೇ? ಅಲ್ಲಿ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ತಾರೆಗಳು ಮಿನುಗುತ್ತಿರುತ್ತವೆ, ಅಲ್ಲವೇ?. ಇವುಗಳನ್ನು ನಾವು ಸ್ಥಿರವಾದ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಿ 'ನಕ್ಷತ್ರ ಪಟ'ವನ್ನು (star catalog) ತಯಾರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ತಾರಾ ಸಂವೇದಕಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಗೋಚರಿಸುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತವೆ. ತಾರಾ ಸಂವೇದಕದಲ್ಲಿರುವ ಸಂಸ್ಕರಣ (processor) ವಿಭಾಗವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಸಂಕೇತಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ಪಡೆದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಗಣಕಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿರುವ ರಚನೆಗಳ ಮೂಲಕ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಂದ ಪಡೆದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಲಭ್ಯವಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರ ಪಟದೊಂದಿಗೆ ತಾಳೆ ಹಾಕಿ ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ-ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ-12). ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ-ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಎರಡರಿಂದ ಹತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

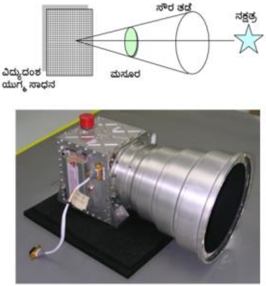


ಚಿತ್ರ–12: ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಸರಿಪಡಿಸಹಬುದು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಚಿತ್ರ.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕು ತುಂಬಾ ದುರ್ಬಲವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇತರೆ ಮೂಲಗಳಿಂದ (ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸೂರ್ಯ) ಬರುವ ಬೆಳಕು ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಅಡ್ಡಿಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಅನಪೇಕ್ಷಿತ ಇತರೆ ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲಗಳನ್ನು ತಡೆಯಲು ಸೌರತಡೆಯನ್ನು (Baffle) ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸೌರ ತಡೆಗಳ ಒಳಗೆ ಲೇಪಿಸಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಹೀರುವಿಕೆಯ ಲೇಪನವು ಅನುಪಯುಕ್ತ ಬೆಳಕು ಶೋಧಕವನ್ನು ತಲುಪದಂತೆ

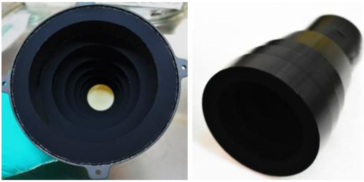
ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದ ಬೆಳಕು ವಿಶಾಲವಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಯುಗ್ಮ ಸಾಧನ (large area CCD) ವನ್ನು ಬಳಸಿ ಮಾಡಿದ ಶೋಧಕದ ಮೇಲೆ ತಾರಾ ಛಾಯೆಯನ್ನು ಮೂಡಿಸುತ್ತದೆ.

ಇತರೆ ಸಂವೇದಕಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ತಾರಾ ಸಂವೇದಕಗಳು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಉಳಿದ ಸಂವೇದಕಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಇವುಗಳ ತಯಾರಿಕಾ ವೆಚ್ಚವು ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ, ತೂಕವು ಸಹ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ–13 : ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕ.

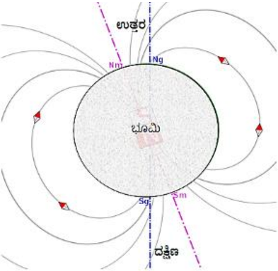
ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಗಾತ್ರ, ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆ ಮತ್ತು ಬಳಕೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಮೂಲಕ ಹೊಸ ಹೊಸ ಮಾದರಿಯ ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳ ಸೌರತಡೆಯ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಒಳಗೋಡೆಯ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸುವ ತೆಳುಪದರದಲ್ಲೂ ಹೊಸ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಕೊಳವೆಗಳ ಲೇಪನವು ಅತಿ ಹೀರುವಿಕೆಯ ಲೇಪನವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳು ಬಹುತೇಕ ಎಲ್ಲ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಹಾಗೂ ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಶೋಧಕಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀಳಬಹುದಾಗಿದ್ದ ಬೆಳಕನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತವೆ. ಈ ಲೇಪನವನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಸೌರತಡೆಗಳನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುವ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–14: ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಕೊಳವೆಗಳ ಅತಿಹೀರುವಿಕೆಯ ಲೇಪನ ಹೊಂದಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕದ ಸೌರತಡೆಗಳು.

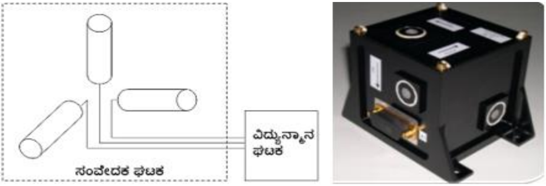
6. ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಆವರಿಸಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ (ಚಿತ್ರ–14) ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ.



ಚಿತ್ರ–14 : ಭೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ.

ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ ಭೂಮಿಯಿಂದ ದೂರ ಹೋದಂತೆ ದೂರದ ಮೂರು ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಭೂಮಿಯಿಂದ R ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅಳೆದರೆ ಅದು $1/R^3$ ಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದಕಾರಣ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.



ಚಿತ್ರ–15 : ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕ.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸರಿ ಸುಮಾರು 0.5 ಗಾಸ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ–15) ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿವೆ:

1] ಮೂಲಭೂತ ಅಣು ತತ್ವದಡಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ (fundamental atomic property) ಸಂವೇದಕಗಳು

2] ಕಾಂತೀಯ ಚೋದಕತೆ (magnetic induction) ತತ್ವದಡಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಮೊದಲನೇ ವಿಧದ ಸಂವೇದಕಗಳು ಝಿಮನ್ ವಿದಳನ (Zeeman splitting) ಅಥವಾ ಬೈಜಿಕ ಕಾಂತ ಅನುರಣನವನ್ನು (nuclear magnetic resonance)

ಅಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಎರಡನೇ ವಿಧದ ಸಂವೇದಕಗಳು ಘಾರಡೆಯ ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತ ಬಲದ (electo magnetive force - EMF) ನಿಯಮದಂತೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತ ಬಲದ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುವ 'ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಗೇಟ್' (flux gate) ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳು ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಗಗನಕ್ಕೆ ಚಿಮ್ಮುವ ಸಮಯದಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿಗದಿತ ಕಕ್ಷೆಗೆ ಸೇರಿಸುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನದಾಗಿ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಳ ಭೂ ಕಕ್ಷೆಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ತಿಳಿಯಲೂ ಸಹ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳಿಲ್ಲ, ಇವುಗಳು ಹಗುರವಾಗಿದ್ದು ಕಡಿಮೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಳಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳು ನೀಡುವ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯ ನಿಖರತೆ ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಸಂವೇದಕಗಳ ನಿಖರತೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ.

7. ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳು

ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಚಕ್ರವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ವೇಗವಾಗಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ ಆ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಾಗಿರುವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತದೆ. ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಮೂರು ಚಕ್ರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಚಕ್ರವು ಒಂದೊಂದು ಅಕ್ಷವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ–16).

ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಎರಡು ರೀತಿಯ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

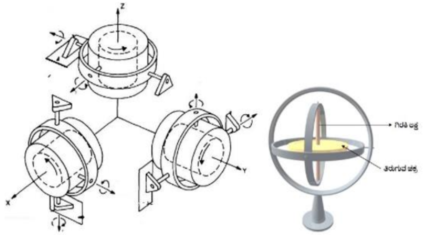
ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕದ ಮೂಲ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಾಗ, ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಬಾಹ್ಯ ಶಕ್ತಿಯು ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಪ್ರತಿ ಚಕ್ರವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಉಳಿದೆರಡು ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ತೋರುವ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ದೋಷವನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ.

1] ಪ್ರಮಾಣ ಅಳೆಯುವ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ ರೇಟ್ ಗೈರೋ (rate gyro) ಮತ್ತು

2] ಸಮಗ್ರ ಪ್ರಮಾಣ ಅಳೆಯುವ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ ರೇಟ್ ಇಂಟೆಗ್ರೇಟಿಂಗ್ ಗೈರೋ (rate integrating gyro)

ಪ್ರಮಾಣ ಅಳೆಯುವ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳು ಉಪಗ್ರಹದ ಕೋನಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (angular rate) ಅಳೆಯುತ್ತವೆ. ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಮರುಮಾಹಿತಿ (feedback) ಘಟಕಗಳ ಮುಖಾಂತರ ರವಾನಿಸುವ ಮೂಲಕ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ದೃಢೀಕರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

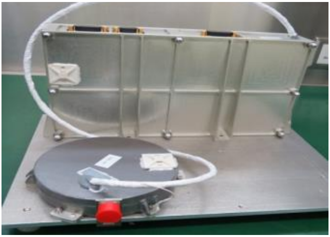
ಸಮಗ್ರ ಪ್ರಮಾಣ ಅಳೆಯುವ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ/ ರೇಟ್ ಇಂಟೆಗ್ರೇಟಿಂಗ್ ಗೈರೋಗಳು ಉಪಗ್ರಹದ ಕೋನಿಯ



ಚಿತ್ರ–16: ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕದ ತತ್ವ ಮತ್ತು ಮೂರು ಅಕ್ಷದ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ.

ಸ್ಥಾನಾಂತರಣವನ್ನು (angular displacement) ನೇರವಾಗಿ ಅಳೆಯುತ್ತವೆ. ಅದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳು ನೀಡುವ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಮಾಹಿತಿಯು ರೇಟ್ ಗೈರೋಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಗ್–ನಾಕ್ (SAG-NAC) ತತ್ವದ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ದ್ಯುತಿ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ರೀತಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಎರಡು ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳೆಂದರೆ ಸುರುಳಿ ಲೇಸರ್ (ring LASER) ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ದೃಕ್–ತಂತು (fiber optic) ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ (ಚಿತ್ರ–17).



ಚಿತ್ರ–17: ದೃಕ್–ತಂತು ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ.

8. ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕಗಳು

8.1 ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕಗಳು

ಉಪಗ್ರಹದ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಅನೇಕ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಬೇರೆ–ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳ ಉಷ್ಣತೆಯ ನಿಖರತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉಷ್ಣಗ್ರಾಹಿ ರೋಧಕಗಳನ್ನು, ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹದಿಂದ ಮಾಡಿದ ರೋಧಕಗಳನ್ನು ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.

ಲೋಹದಿಂದ ಮಾಡಿದ (ಉದಾ. ಪ್ಲಾಟಿನಂ) ರೋಧಕಗಳ ರೋಧಕತೆ ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ,

ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿವೆ:
ಸಕ್ರಿಯ (active) ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕ: ಉಪಗ್ರಹದ ಉಷ್ಣತೆ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ಮತ್ತು ಅಳೆಯಲು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.
ಸಕ್ರಿಯವಲ್ಲದ (passive) ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕಗಳು: ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ತಾಪಮಾನವನ್ನು ಅಳೆಯುಲು ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಉಷ್ಣಗ್ರಾಹಿ ರೋಧಕಗಳ ರೋಧಕತೆಯು ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮಗಳನ್ನು ಎರಡು ವಿಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಿ ತಯಾರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾದಾಗ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಗ್ರಾಹಿ ರೋಧಕಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿಖರತೆಯನ್ನು ನೀಡಿದರೆ, ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮಗಳು ವಿಶಾಲವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

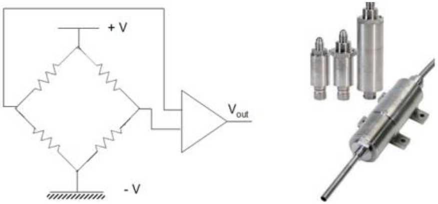
ಒಂದು ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ನೂರಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ.

8.2 ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕಗಳು

ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆ ಬದಲಾವಣೆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಸೌರ ಫಲಕಗಳ ತೆರೆಯುವಾಗ ಉದ್ಭವಿಸಬಹುದಾದ ಕಂಪನ, ಆಘಾತಗಳ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು, ದ್ರವ ಇಂಧನ ಘಟಕದಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡ ಅಳೆಯಲು ಇತ್ಯಾದಿ ವಿವಿಧ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಇವುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಅರೆವಾಹಕ/ಲೋಹದ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಸಂವೇದಕ ಹಂದರಗಳನ್ನು (sensor bridges) ಬಳಸುತ್ತಾರೆ (ಚಿತ್ರ–18).

ಈ ವಸ್ತುಗಳು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ (mechanical stress) ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧಕತೆಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ತೋರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಪಿಜೋರೋಧಕತೆ (piezoresistive) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.



ಚಿತ್ರ–18: ಒತ್ತಡಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಸಂವೇದಕಗಳ ಹಂದರ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಮಾಪಕಗಳು.

9. ಇಸ್ರೋದ ವಿದ್ಯುತ್–ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ

ಇಸ್ರೋದ ವಿದ್ಯುತ್–ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ (Laboratory for Electro-Optics Systems-LEOS) ಬೆಂಗಳೂರಿನಲ್ಲಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ನವನವೀನ ಸಂಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಮೂಲಕ ಭಾರತದಿಂದ ಉಡಾವಣೆಗೊಳ್ಳುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗಾಗಿ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು, ಲೇಸರ್ ಒಳಗೊಂಡ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅನೇಕ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಚಿತ್ರ–19: ಭಾರತೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಶೋಧನಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿದ್ಯುತ್–ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಮೂರು ತಾಂತ್ರಿಕ ನೈಪುಣ್ಯತೆ ಹೊಂದಿದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿವೆ.

1] ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ (Optics Systems Area)

2] ಸಂವೇದಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ (Sensor Systems Area)

3] ಫೋಟೋನಿಕ್ಸ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ (Photonics Systems Area)

9.1 ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ

ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ದೂರಸಂವೇದನೆ, ದೂರಸಂಪರ್ಕ ಹಾಗೂ ಸಂವೇದಕಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾದ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು (optics) ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ಯುತಿ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ದರ್ಪಣ (mirror) ಮತ್ತು ಮಸೂರಗಳನ್ನು (lenses) ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ದ್ಯುತಿ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ದರ್ಪಣಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ರೋಬೋಟಿಕ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನೂ ಸಹ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ದರ್ಪಣ ಕಾರ್ಯತತ್ಪರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಅತಿಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತಿಫಲನ (high reflectance) ಮತ್ತು ಮಸೂರಗಳ ಪ್ರಸರಣ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾದಂತಹ ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆಯುವ (anti reflectance) ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ತೆಳುಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು (thin films deposition) ಇಲ್ಲಿರುವ ತೆಳುಪದರ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿ ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ತೆಳುಪದರ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಜರಡಿ (optical filter), ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರುವ ಲೇಪನ (high absorber coatings), ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುವ (low infrared emittance) ಲೇಪನಗಳನ್ನೂ ಸಹ ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

9.2 ಸಂವೇದಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ

ಸಂವೇದಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ, ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ಭೂ ಸಂವೇದಕ, ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ, ತಾರಾ ಸಂವೇದಕ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ, ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ

ಅಳವಡಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಮೊದಲು, ಅವುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಪರೀಕ್ಷೆ (test), ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ (evaluation) ಮತ್ತು ಕ್ರಮಾಂಕನಕ್ಕೆ (calibration) ಒಳಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಭೂ ಚಕ್ರದ ಅಣಕುಮಾದರಿ (Earth Disk simulator) ಇದೆ (ಚಿತ್ರ–20). ಭೂಮಿ ಹೊರಸೂಸುವಂತಹ ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವಂತೆ ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಇದರ ಉಷ್ಣತೆ 300 ಕೆಲ್ವಿನ್ ಇರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ–20: ಭೂ ಚಕ್ರದ ಅಣಕುಮಾದರಿ.

ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಸೌರ ಅಣಕುಮಾದರಿ (Sun Simulator) ಇದೆ. ಕ್ಸೆನೋನ ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲವನ್ನು (Xenon Source) ಸೂರ್ಯನ ಮಾದರಿಯಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ಎದುರು ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ತಾರಾ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆಗೊಳಪಡಿಸಲು, ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ ಮಾಡಲು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅಣಕುಮಾದರಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಮಾಪಕಗಳ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ ಮತ್ತು ಪರೀಕ್ಷೆಗೊಳಪಡಿಸಲು ಈ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸೌಲಭ್ಯವಿದೆ (ಚಿತ್ರ–21). ಅದಕ್ಕಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿರುವ ಕಟ್ಟಡವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರರಹಿತವಾಗಿದ್ದು ಅದರೊಳಗಡೆ ಹೆಲ್ಮೋಟ್ಜ಼ ಸುರುಗಳಿಗಳ (Helmholtz coil setup) ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿದೆ.

9.3 ಫೋಟೋನಿಕ್ಸ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ

ಫೋಟೋನಿಕ್ಸ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣಗಳು, ಶೋಧಕಗಳು ಹಾಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್–ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Micro Electro Mechanical

ಚಿತ್ರ–21: ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆಗೊಳಪಡಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ.

Systems-MEMS) ಹೊಂದಿರುವ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

10. ಉಪಸಂಹಾರ

ನಾವು ಕಲಿಯುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ನಿಸರ್ಗಕ್ಕೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಅಥವಾ ಪರೋಕ್ಷ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ನಿಸರ್ಗ ನಮ್ಮೆಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ತವರು. ಅದು ತನ್ನ ಒಡಲಲ್ಲಿ ಅನೇಕಾನೇಕ ಗುಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಬಚ್ಚಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿದೆ. ಮಾನವನ ಪ್ರಯೋಗಶೀಲ ಮನೋಭಾವದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದ ನಿಸರ್ಗದ ಸೋಜಿಗಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು, ರಹಸ್ಯಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಅನೇಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳು, ಹೊಸ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದವು. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮಾನವನು ವಿಜ್ಞಾನ–ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಕಂಡುಕೊಂಡ ಉತ್ತರದ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಿವೆ.

ಉಪಗ್ರಹ ಭೂಮಿಯನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿರಲಿ, ಚಂದ್ರನೆಡೆಗೆ ಸಾಗುತ್ತಿರಲಿ, ಮಂಗಳನೆಡೆಗೆ ಪಯಣ ಆರಂಭಿಸುತ್ತಿರಲಿ ಎಲ್ಲೆಡೆ ಬೇಕು ಅದಕ್ಕೆ ಸಂವೇದಕದ ಸಹಾಯ. ಉಪಗ್ರಹದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಸಾರುವ ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲೂ ಸಂವೇದಕಗಳ ಪಾತ್ರ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ. ಬಹುದೂರದ ಬಾನಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ

ಉಪಗ್ರಹ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ, ಭೂ–ಕೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹದ ನಡುವೆ ಸಂಕೇತ ರವಾನಿಸಿ ಸಮನ್ವಯ ಸಾಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು ಹಿರಿದಾದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ನಿಭಾಯಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳ ಮಹತ್ವವೇನು, ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ಎಂದರೇನು, ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿ ದೋಷ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಾಗುವ ವಿವಿಧ ಸಂವೇದಕಗಳಾದ ಭೂ ಸಂವೇದಕ, ಸೌರ/ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ, ನಕ್ಷತ್ರ/ತಾರಾ ಸಂವೇದಕ, ಕಾಂತೀಯ ಸಂವೇದಕ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಚಿತ್ರ ಸಹಿತ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಕಿರಿಯರು ನಿಸರ್ಗವನ್ನು ಕುತೂಹಲದಿಂದ ಗಮನಿಸುತ್ತಿರುತ್ತಾರೆ. ಆ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿಯೇ ವಿವಿಧ ಅಕ್ಷಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅರಿವು ಮೂಡಿಸಲು ನದಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ದೋಣಿಯ ಉದಾಹರಣೆ ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಸ್ಥಾನ–ಸ್ಥಿತಿಯು ಉಪಗ್ರಹದ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಆರೋಗ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಸುವ ಉಷ್ಣತಾಮಾಪಕ

ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಮಾಪಕಗಳ ವಿವರಣೆಯನ್ನೂ ಸಹ ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರವಾದ ಯಾವುದೇ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸದೆ ಸರಳವಾಗಿ ಸಂವೇದಕದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಸಂವೇದಕಗಳು ಮೂರ್ತರೂಪ ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲದ ಕಿರು ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ನೀಡಿ ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಗೆ ಪೂರ್ಣವಿರಾಮ ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದಿ, ವಿದ್ಯುತ್-ದ್ಯುತಿ ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕಿರಿಯರು ಆಸಕ್ತಿಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡು ಮುಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತಾದರೆ ಲೇಖಕರ ಶ್ರಮ ಸಾರ್ಥಕವಾದಂತೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ–1:

ಇನ್ಸಾಟ್–2 ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಭೂ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳು

ಸಂವೇದಕಗಳು	ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನ	ಉಪಯೋಗ/ಬಳಕೆ
ಭೂ ಸಂವೇದಕ	ಭೂಮಿಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿ	ಭೂಮಿಯ ಸಂಕೇತ ಪಡೆಯಲು (Earth acquisition), ಭ್ರಮಣ ದರ್ಶಕದ ಕ್ರಮಾಂಕನ (calibration) ಮಾಡಲು, ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಭ್ರಮಿಸುವಾಗ ಭೂಮಿಯೆಡೆ ತಿರುಗಿಸಲು.
	ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ	ನೋದನ ಕಾರ್ಯದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಭೂ ಸಂಕೇತ ಪಡೆಯಲು.
ಅಂಕೀಯ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ	ದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ	ಸೂರ್ಯ ಸಂಕೇತ ಪಡೆಯಲು, ಸೂರ್ಯನೆಡೆಗೆ ತಿರುಗಿಸಲು (Sun pointing), ಭ್ರಮಣ ದರ್ಶಕದ ಕ್ರಮಾಂಕನ (calibration) ಮಾಡಲು.

ಸಂವೇದಕಗಳು	ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನ	ಉಪಯೋಗ/ಬಳಕೆ
ಅನುರೂಪ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (CASS-Coarse Analog Sun Sensor)	ಪೂರ್ವ/ಪಶ್ಚಿಮ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ	ಮೇಳೈಕ ಕಕ್ಷೆಯ ನಿಲ್ದಾಣ ಸ್ಥಿರತೆಗಾಗಿ, ಸೂರ್ಯ ಸಂಕೇತ ಪಡೆಯಲು (Sun acquisition).
	ಪೂರ್ವ/ಪಶ್ಚಿಮ ದಿಕ್ಕಿನ ಸ್ಥಿರ ಪಟ್ಟಿ	ಮೇಳೈಕ ಕಕ್ಷೆಯ ನಿಲ್ದಾಣ ಸ್ಥಿರತೆಗಾಗಿ, ಸೂರ್ಯ ಸಂಕೇತ ಪಡೆಯಲು.
4 ಪೈ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ	ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ	ಪೂರ್ವ, ಪಶ್ಚಿಮ ಮತ್ತು ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನೆಡೆಗೆ ತಿರುಗಲು.
	ದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ	ಪೂರ್ವ, ಪಶ್ಚಿಮ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನೆಡೆಗೆ ತಿರುಗಲು.
ಸೌರ ಫಲಕ ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ	ದಕ್ಷಿಣ ಫಲಕ	ಸೂರ್ಯನ ಜಾಡು ಹಿಡಿಯಲು, ಸೌರ ಕೋನ ಅಳೆಯಲು.

ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಗಳಿಗಾಗಿ ಆಕರ ಸೂಚಿ 4ರಲ್ಲಿ ನೀಡಿರುವ ಲೇಖನವನ್ನು ಓದಿ.

ಆಕರ ಸೂಚಿ

[1] Spacecraft Attitude Determination and Control, J. R. Wertz (Ed.), Kluver Academic Publishers, London (1991).

[2] ವ್ಯೋಮಗಾಥೆ–ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕೊಂದು ಬೆಳಕಿಂಡಿ, ಕರ್ನಾಟಕ ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಸಮಿತಿ, ಇಸ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಪ್ರಿಸಂ ಪ್ರಕಾಶನ (2002).

[3] Studies on Preparation and Characterization of New Binary Component Thermistor Sensor Materials, ಗಿರೀಶ ಎಂ. ಗೌಡ, ಪಿ. ಎಚ್. ಡಿ. ಪ್ರಬಂಧ, ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ (2012).

[4] Sensors for INSAT-2, J. A. Kamalakar, Y. K. Jain, K.Kanakaraju, A. S. Laxmiprasad, P. Kalpana, B. Gopalakrishna, T. K. Alex, Journal of Spacecraft Technology, Vol. IV, (1994) 95-115.

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2023ರ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

1. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರವಾಸ: ಡಾ. ಬೆ ರಾ ನಾಗೇಂದ್ರ
2. ಚಂದ್ರಯಾನ್–3: ಡಾ. ಆನಂದ ಎಸ್
3. ವಜ್ರಗ್ರಹ–55 ಕ್ಯಾನ್ಕ್ರಿ ಇ: ಶ್ರೀಮತಿ ಪುಷ್ಪಾಂಜಲಿ ಮತ್ತು ಕುಮಾರಿ ರೂಪಾಲಿ ಸಾಹು
4. ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು:
   ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ
5. ಪ್ರೊ. ಯು ಆರ್ ರಾವ್ – ಭಾರತದ ಉಪಗ್ರಹ ಪಿತಾಮಹ:
   ಶ್ರೀ ಬಿ ಎಸ್ ಪ್ರಸಾದ್
6. ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು:
   ಶ್ರೀ ಜಯಸಿಂಹ ಪಿ ಮತ್ತು ಶ್ರೀ ಕೆ ವಿ ಮುರಲೀಧರ
7. ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹ ನಿಯಂತ್ರಣ – ಏಕೆ? ಹೇಗೆ?:
   ಶ್ರೀಮತಿ ಶ್ರೇಯಲಾ ರತ್ನಾಕರ್
8. ಮಾನವನ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನ: ಶ್ರೀ ಎಸ್ ರಾಜೇಶ ಕುಮಾರ್
9. ಉಪಗ್ರಹಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ! ಏಕೆ ? ಹೇಗೆ?:
   ಶ್ರೀಮತಿ ಸುಮನ್ ಆರ್ ವಾಲ್ಕೆ
10. ನಮ್ಮ ಸೌರಮಂಡಲದ ಗ್ರಹಗಳು: ಶ್ರೀಮತಿ ಅರ್ಪಿತಾ ಕುಮಾರಿ ಕೆ
11. ಗಗನಯಾನಿಯ ಆರೋಗ್ಯ: ಡಾ. ಅರವಿಂದ ಕುಮಾರ್ ಎಂ
12. ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್ಸ್ (ಪುಟಾಣಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು):
    ಶ್ರೀ ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ವಿ ಮತ್ತು ಶ್ರೀಮತಿ ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2022ರ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

1. ಇಸ್ರೊ–ಸಾಧನೆಯ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ: ಡಾ. ಬೆ ರಾ ನಾಗೇಂದ್ರ
2. ರಾಕೆಟ್–ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ರಹದಾರಿ: ಶ್ರೀ ಆನಂದ ಎಸ್
3. ಡಾ. ವಿಕ್ರಂ ಸಾರಾಭಾಯಿ: ಶ್ರೀಮತಿ ಪ್ರಿಯಾಂಕ ವಿ
4. ಪ್ರೊ ಸತೀಶ್ ಧವನ್ (ವಿಜ್ಞಾನಿ, ಗುರು, ಸಂಶೋಧಕ, ಚಿಂತಕ, ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ): ಶ್ರೀ ಪ್ರಸಾದ್ ಬಿ ಎಸ್
5. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತ್ಯಾಜ್ಯ: ಶ್ರೀ ಶಿವಪ್ರಕಾಶ್ ಬಿ
6. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣ: ಶ್ರೀಮತಿ ಉಮಾ ಬಿ ಆರ್
7. ಧೂಮಕೇತುಗಳು–ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಅತಿಥಿಗಳು: ಶ್ರೀಮತಿ ಸೌಭಾಗ್ಯ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ

ಸಂಪಾದಕೀಯ ಸಮಿತಿ

ರಾಮನಗೌಡ ವಿ. ನಾಡಗೌಡ ..ಅಧ್ಯಕ್ಷರು
ಸುರೇಶಕುಮಾರ್ ಹೆಚ್. ಎನ್.
ಉಷಾ ಬಂಡಿವಾಡ್
ಶಿವಪ್ರಕಾಶ ಬಿ.
ರಮೇಶ ನಾಯ್ದು ವಿ
ಶ್ರೀನಿವಾಸ ಪ್ರಸಾದ್ ಕೆ.
ಜಯಸಿಂಹ ಪಿ.
ವಿಠಲ್ ಮೇತ್ರಿ
ಜಗದೀಶ ಬಾಬು ಬಿ. ಎಸ್.
ಮುರಳೀಧರ ಕೆ. ವಿ.
ಉಮಾ ಬಿ. ಆರ್.
ಡಾ. ನಾಗೇಂದ್ರ ಬೆ. ರಾ.
ಆನಂದ ಎಸ್.
ಚಂದ್ರಿಕಾ ಜಿ. ಎಲ್.
ಪ್ರಿಯಾಂಕ ವಿ.
ಸೌಭಾಗ್ಯ ..ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ

ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಸಮಿತಿ

ಶ್ರೇಯಲಾ ರತ್ನಾಕರ್ ..ಅಧ್ಯಕ್ಷರು
ವಿಠಲ್ ಮೇತ್ರಿ
ಸತ್ಯನಾರಾಯಣ ಪಿ.
ಶ್ರೀರಾಮ್ ಕೆ. ಎಸ್.
ಸಂಜೀವ್ ಕುಮಾರ್ ಕೆ. ಎಸ್.
ಕಟ್ಟಿಮನಿ ಎಸ್. ಎಂ.
ಮಾಲತಿ ಎಸ್.
ಪ್ರಶಾಂತ್ ಡಿ. ಬಾಗಲಕೋಟ್
ಪ್ರಸಾದ್ ಬಿ. ಎಸ್.
ವಾಸುದೇವಮೂರ್ತಿ ಸಿ. ಎನ್.
ಪ್ರಶಾಂತ್ ಎ. ಆರ್
ಸುರೇಶ್ ಎಂ. ಹೆಬ್ಬಳ್ಳಿ
ಸೌರಭ್ ಗುಪ್ತ
ಚಂದ್ರಿಕಾ ಜಿ. ಎಲ್.
ನಳಿನಿ ಇ. ಕೆ.
ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್ ..ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ ಇವರು ಇಸ್ರೋದ ವಿದ್ಯುತ್-ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿ ಹಾಗೂ ತೆಳು ಪದರ ವಿಭಾಗದ ಮುಖ್ಯಸ್ಥರಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ದ್ಯುತಿ ತೆಳುಪದರಗಳ ಮೇಲೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿ ಪರಿಣಿತಿ ಪಡೆದಿರುವ ಇವರು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್ ಆಧಾರಿತ ತೆಳುಪದರಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮತ್ತು ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮಟ್ಟದ ವಿವಿಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪತ್ರಿಕೆ ಮತ್ತು ಸಮಾವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಐವತ್ತಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಕೆಲವು ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪತ್ರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶಕರೂ ಆಗಿದ್ದಾರೆ. ನಿಸರ್ಗದ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣ ಇವರ ನೆಚ್ಚಿನ ಹವ್ಯಾಸವಾಗಿದ್ದು, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದು, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯ ತಿಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ, ಆಸಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ.

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ-2023

ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು-17