ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ವೀಕ್ಷಣಾ ಕಿಂಡಿಗಳು

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ

ತೆಳುಪದರ ವಿಭಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್–ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆ (ಲಿಯೋಸ್)–ಇಸ್ರೋ,

ಪೀಣ್ಯ ಕೈಗಾರಿಕಾ ಪ್ರದೇಶ, ಬೆಂಗಳೂರು–560058

ಇ–ಮೇಲ್:girish@leos.gov.in

1.0 ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣ (ಬಾನ್ದಾಣ) ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಸೌಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ವಿವಿಧ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಿಣಿತಿ ಪಡೆದ ಗಗನಯಾನಿಗಳಿರುತ್ತಾರೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಒಳಗೆ ಇರುವ ಯಾನಿಗಳಿಗೆ ಹೊರಗಿನ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಏನಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಅರಿಯಲು, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ರಮಣೀಯ ಚಿತ್ರ–ದೃಶ್ಯ ಸೆರೆಹಿಡಿಯಲು ಕಿಟಕಿಗಳು ಅಗತ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ನಮ್ಮ ಮನೆಯ ಒಳಗೆ ನಾವು ನಾಲ್ಕು ಗೋಡೆಯ ನಡುವೆ ಸತತವಾಗಿ ಇದ್ದರೆ ಹೊರಗಿನ ಪರಿಸರ ನೋಡಲು ಆಗದಿದ್ದರೆ ಹೇಗನಿಸಬಹುದು? ನಾವು ಬಂಧಿಯಾಗಿದ್ದೇವೆ ಅನಿಸಿಬಿಡಬಹುದು ಅಲ್ಲವೇ? ಅದೇ ರೀತಿ ನೂರಾರು ಕಿಲೋ ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ (ಶೂನ್ಯ ಸನಿಹ) ಗುರುತ್ವದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ ಕಿಟಕಿಗಳು ಇರದಿದ್ದರೆ ಗಗನಯಾನಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಬಂಧನದಲ್ಲಿ ಇದ್ದಂತೆ ಅನಿಸಿಬಿಡಬಹುದು, ಅಲ್ಲವೇ? ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಕಿಟಕಿಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಯಾನಿ/ ಗಗನಯಾನಿಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆ ಮತ್ತು ದೂರಸಂವೇದನೆಗೆ ಅವಶ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿದ್ದು **ಈ ಲೇಖನವು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ಕಿಟಕಿ (ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿ) ಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.**

2.0 ಪೀಠಿಕೆ

ಕಟ್ಟಡಗಳಲ್ಲಿ ಕಿಟಕಿಗಳು ಗಾಳಿ ಬೆಳಕು ಬರಲು ಅನುವುಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಸುರಕ್ಷತೆಗಾಗಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಸಲಾಕೆಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುತ್ತಾರೆ ಅಲ್ಲವೇ? ನಮ್ಮ ಅನುಕೂಲಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ಬೇಕಾದಾಗ ತೆರೆಯುವ–ಮುಚ್ಚುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಕೇವಲ ಬೆಳಕು ಬರಲು ತೆರೆಯದಿರುವ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನೂ ನೋಡಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿ–ಮಳೆ ತೂರಿಬರದಂತೆ ತಡೆಯಲು ಗಾಜು ಅಥವಾ ದಪ್ಪ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.

ವಾಹನ, ರೈಲು ಮತ್ತು ವಿಮಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು. ಅವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ವಿಮಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿ ಮತ್ತು ಗೋಲಾಕಾರ/ ದೀರ್ಘ ಗೋಲಾಕಾರ /ಉರುಟಾಗಿವೆ

(ಚಿತ್ರ–1). ಈ ವಿನ್ಯಾಸವು ಕೇವಲ ಸೌಂದರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಇದರ ಆಕಾರದ ಹಿಂದೆ ಹಲವು ಕಾರಣಗಳಿವೆ. ಭೂಮಿಯಿಂದ ದೂರ ಸರಿದಂತೆ ಗಾಳಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ ಕಡಿಮೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ವಿಮಾನಗಳು ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಹಾರಾಟ ನಡೆಸುವಾಗ ಪ್ರಯಾಣಿಕರು ಉಸಿರಾಡಲು ಸುಲಭವಾಗುವಂತೆ ವಿಮಾನದ ಒಳ ಆವರಣದ ಒತ್ತಡ ಸರಿಹೊಂದಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡದ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ವಿಮಾನದ ಒಳಭಾಗವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹಿಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವಿಮಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ ಬಿರುಕು ಉಂಟಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಆಯತ ಅಥವಾ ಚೌಕಾರದ ಚೂಪಾದ ಮೂಲೆ (corner) ಹೊಂದಿರುವ ಕಿಟಕಿಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಗೋಲಾಕಾರದ ಕಿಟಕಿಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ಸಫಲವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಬಿರುಕು ಉಂಟಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ತುಂಬಾ ಕಡಿಮೆ. ವಿಮಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳು ಬಹು ಪದರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಪ್ರಯಾಣಿಕರಿಗೆ ಒತ್ತಡ ಹಾಗೂ ತಾಪಮಾನಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ವಿರುದ್ಧ ಸುರಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ–1: ವಿಮಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳು

3.0 ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆ (ಬಾನೌಕೆ) / ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣ (ಬಾನ್ದಾಣ)ದ ಕಿಟಕಿಗಳು

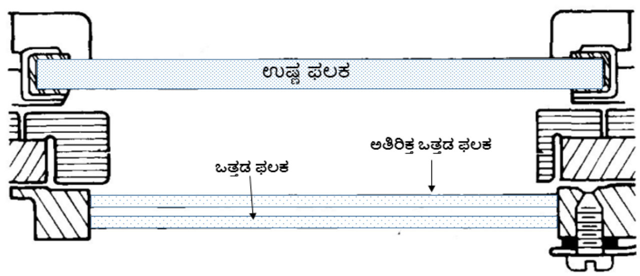
ವಿಮಾನಯಾನಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಬಾನ್ದಾಣಗಳು ಭೂಮಿಯಿಂದ ದೂರದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ (ಸರಿಸುಮಾರು 400 ಕಿಲೋ ಮೀಟರ) ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟು ಎತ್ತರದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ವಿರಳವಾಗಿದ್ದು ಒತ್ತಡ ತುಂಬಾ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಬಾನ್ದಾಣದ ಒಳಗಿನ ಒತ್ತಡ ಗಗನಯಾನಿಗಳು ವಾಸಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಹೊಂದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಬಾನ್ದಾಣದ ಒಳಗೆ ಮತ್ತು ಹೊರಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಗಗನಯಾನಿಗಳ ವಾಸವನ್ನು ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿರಿಸಲು ಬಲಿಷ್ಠ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಿಟಕಿಗಳು ಒತ್ತಡ ಹಾಗೂ ತಾಪಮಾನಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆ ಜೊತೆಗೆ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಸವಾಲುಗಳನ್ನೂ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ದುಂಡಗಿನ ಕಿಟಕಿ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹರಡಲು ಸಹಾಯ

ಚಿತ್ರ 2: ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಯಾನದ ಕಿಟಕಿ (ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿ)

ಮಾಡುತ್ತದೆ (ವಿಮಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವಾಗ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ), ಹಾಗಾಗಿಯೇ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಯಾನದ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು/ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳನ್ನು ಗೋಲಾಕಾರ/ದುಂಡಾಗಿ ಅಥವಾ ಮೂಲೆ ಚೂಪಾಗಿರದಿರುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

3.1 ಕಿಟಕಿಗಳ (ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ) ವಿನ್ಯಾಸ

ಬಾನೌಕೆ ಮತ್ತು ಬಾನ್ನಾಣಗಳ ಕಿಟಕಿಗಳು ಸದಾಕಾಲ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳಿಂದ ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳೆಂದು (ವ್ಯುಪೋರ್ಟ್–viewports) ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಬಾನ್ನಾಣದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಯನ್ನು ಚಿತ್ರ–2 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ತಯಾರಿಕೆ ಬಾನೌಕೆ ಮತ್ತು ಬಾನ್ನಾಣಗಳ ದೀರ್ಘಕಾಲದ ಬಾಳಿಕೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ಅಂಶವಾಗಿದೆ. ಈ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತು ತಯಾರಿಸಲು ಅನೇಕ ಮಾನದಂಡಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನ ವಿಶೇಷತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತೇ ಇದೆ; ಗಾಜು ತ್ವರಿತವಾಗಿ ತಂಪಾಗಿಸಿದ ದ್ರವವಾಗಿದ್ದು ಸ್ಫಟಿಕವಲ್ಲದ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣ ಹೊಂದಿದ ಘನವಸ್ತುವಾಗಿದೆ. ಗಾಜನ್ನು ಕಾದಾರಿಸಿ ಹದಗೊಳಿಸುವ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳ ಗುಣವಿಶೇಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ತಂದು ಅವುಗಳು ಒತ್ತಡ, ಅತಿ ಶೀತೋಷ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ, ಬಿರುಕು ಉಂಟಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಕಡಿಮೆ ಆಗುವಂತೆ ಹಾಗೂ ಆಘಾತ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಗಾಜುಗಳು ಒತ್ತಡ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣತೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ, ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿನ ಭಗ್ನಾವಶೇಷಗಳ ಅಪ್ಪಳಿಸುವಿಕೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಆಘಾತ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ನೇರಳಾತೀತ, ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ತಡೆಯುವ ಸಲುವಾಗಿ ಮತ್ತು ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ತೆಳುಪದರ ಲೇಪನ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮೂರು ಅಥವಾ ನಾಲ್ಕು ದಪ್ಪ ಗಾಜಿನ ಪದರಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಾನೌಕೆ ಮತ್ತು ಬಾನ್ನಾಣದ ಒಳ ಅವರಣದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನು ಒತ್ತಡ ಫಲಕ (pressure pane) ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕೆ ಬರುವ ಹೊರಗಿನ ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನು ಉಷ್ಣ ಫಲಕ (thermal pane) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಫಲಕವು ಅತಿರಿಕ್ತ (redundant) ಒತ್ತಡ ಫಲಕವಾಗಿದ್ದು, ಅನಿವಾರ್ಯ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 3; ಮೂರು ಗಾಜಿನ ಫಲಕ ಹೊಂದಿರುವ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿ

ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮೂರು ಗಾಜಿನ ಫಲಕ ಹೊಂದಿರುವ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ–3 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಸಂಯೋಜಿತ (ಫ್ಯೂಸಡ್) ಸಿಲಿಕ ಮತ್ತು ಅಲ್ಯೂಮಿನೊ ಸಿಲಿಕೆಟ್ ಗಾಜಿನ ಕೆಲವು ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಕೋಷ್ಟಕ–1 ರಲ್ಲಿ ಪಟ್ಟಿಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ–1

ಪರಿಮಾಣಗಳು	ಸಂಯೋಜಿತ (ಫ್ಯೂಸಡ್) ಸಿಲಿಕ	ಅಲ್ಯೂಮಿನೊ ಸಿಲಿಕೆಟ್
ಸಾಂದ್ರತೆ (gm/cm^3)	2.2	2.64
ಯಂಗ್ಸ್ ಮಾಪಾಂಕ (GPa)	72	86
ಬಿರಿವ ಮಾಪಾಂಕ (MPa)	52	100
ತಾಪ ವಿಸ್ತರಣಾಂಕ (/°C)	5.2×10^{-7}	42×10^{-7}
ಹದಗೊಳ್ಳುವ ಉಷ್ಣತೆ (°C)	1040	710
ಮೆದುಗೊಳ್ಳುವ ಉಷ್ಣತೆ (°C)	1585	910
ಸತತ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣಾ ತಾಪಮಾನ (°C)	930	1168
ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ (@ 589.3 nm)	1.458	1.547

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಕೆಲವು ದೇಶಗಳು ಮಾನವ ಸಹಿತ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನವನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಿವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕಗಳಲ್ಲಿ, ಬಾನೌಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಅಂತರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕೋಷ್ಟಕ–2 ರಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳು ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಮತ್ತು ಛಾಯಾಗ್ರಹಣಕ್ಕೆ ಬಳಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕೋಷ್ಟಕ–2 ಲೇಪನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕೂಡ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಮಾಹಿತಿ ಒದಗಿಸುತ್ತಿದೆ. ನೇರಳಾತೀತ ಮತ್ತು ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳು ಗಗನಯಾನಿಗಳನ್ನು ತಲುಪದಂತೆ ತಡೆಯುವ (ultraviolet and infrared blocking), ದೃಗ್ಗೋಚರ

ಬೆಳಕು ಮಾತ್ರ ಪ್ರಸರಿಸುವ (ಸೋಸುಕ–filter), ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆಯುವ (anti–reflectance) ತೆಳುಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ–2

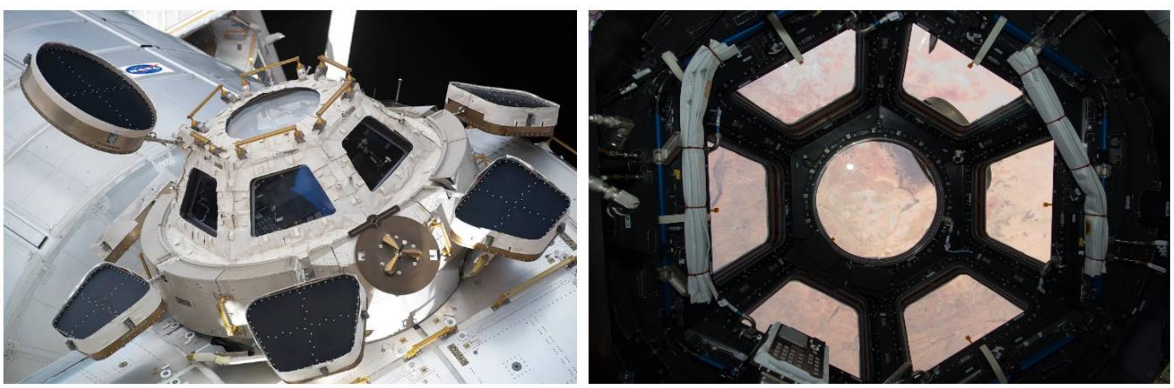
ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯೋಜನೆ		ಕಿಟಕಿ/ ವೀಕ್ಷಣಾ ಕಿಂಡಿಗಳು	ತೆಳುಪದರ ಲೇಪನಗಳು
ಜೆಮಿನಿ		3 ಫಲಕ	ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ
ಮರ್ಕ್ಯೂರಿ		4 ಫಲಕ	ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ
ಅಪೋಲೋ	ಆದೇಶ ಘಟಕ	3 ಫಲಕ	ಸೋಸುಕ, ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ
	ಚಂದ್ರ (ಲುನಾರ) ಘಟಕ	ಲ್ಯಾಂಡಿಂಗ್ ಕಿಟಕಿ–3 ಫಲಕ	ಸೋಸುಕ, ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ
		ಲಂಗರು ಕಿಟಕಿ–3 ಫಲಕ	ಸೋಸುಕ, ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ
ಸ್ಪೇಸ್ ಶಟಲ್	ಕೊಠಡಿ (ಕ್ಯಾಬಿನ)	3 ಫಲಕ	ಸೋಸುಕ, ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ

4.0 ಅಂತರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು

ಅಂತರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ (ಐ.ಎಸ್.ಎಸ್.–ISS, International Space Station) ಅನೇಕ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಐ.ಎಸ್.ಎಸ್. ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ತಳಭಾಗದಲ್ಲಿ (ನಾದಿರ್) ಒಂದು, ಜಪಾನ್ ಕೀಬೋ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು, ರಷ್ಯಾದ ಸೇವಾ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಹದಿಮೂರು, ರಷ್ಯಾದ ಲಂಗರು (ಡಾಕಿಂಗ್) ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮತ್ತು ಸೋಯುಜ್ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಇವೆ. ಅಂತರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ಗೋಪುರವಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಕ್ಯುಪೋಲಾ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಯುಪೋಲಾವು 1.5 ಮೀಟರ್ ಎತ್ತರವಾಗಿದ್ದು 2.95 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿದೆ. ಗೋಪುರದ

ಐ.ಎಸ್.ಎಸ್. ನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಕಿಟಕಿಗಳಿವೆ ??	
ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ತಳಭಾಗ	1
ಜಪಾನ್ ಕೀಬೋ ಘಟಕ	1
ರಷ್ಯಾದ ಸೇವಾ ಘಟಕ	13
ರಷ್ಯಾದ ಡಾಕಿಂಗ್ ಘಟಕ	2
ಸೋಯುಜ್ ಘಟಕ	1
ಕ್ಯುಪೋಲಾ	7

ಬದಿಯಲ್ಲಿ ಆರು ಮತ್ತು ತುದಿಯಲ್ಲಿ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಒಂದು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಿವೆ. ವೃತ್ತಾಕಾರದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಯ ವ್ಯಾಸವು 80 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಇದೆ. ಕ್ಯುಪೋಲಾದ ಒಳಗೆ ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಇಬ್ಬರು ಗಗನಾಯನಿಗಳು ಕುಳಿತುಕೊಂಡು ವೀಕ್ಷಣೆ ನಡೆಸಬಹುದು. ಕ್ಯುಪೋಲಾದ ಬದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಆರು ಕಿಂಡಿಗಳು 360 ಡಿಗ್ರಿ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ವೀಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ಕ್ಯುಪೋಲಾ ವೀಕ್ಷಣಾ ಗೋಪುರವು ಹೊರಗಿನಿಂದ ಮತ್ತು ಒಳಗಿನಿಂದ ಹೇಗೆ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರ–4 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಗಗನಾಯನಿಗಳ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಡಿಗೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ನಿಲ್ದಾಣದ ರೊಬೊಟಿಕ್ ತೋಳಿನಿಂದ ಬಾಹ್ಯ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಸ್ಥಳಾಂತರಿಸುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಬಾನೌಕೆಗಳು (ಮಾನವಸಹಿತ, ಸರಕು ಸಾಗಣೆ) ಬಾನ್ದಾಣವನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ (ಲಂಗರು–ಡಾಕಿಂಗ್) ಮತ್ತು ಇಳಿಸುವ (ಬರ್ತಿಂಗ್) ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮತ್ತು ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು ಕ್ಯುಪೋಲಾ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಇದು ಬಾನೌಕೆಗಳು ಬಾನ್ದಾಣವನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ/ ಬಾನ್ದಾಣಕ್ಕೆ ಲಂಗರು ಹಾಕುವ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳ ಮನೋಹರ ನೋಟವನ್ನು ಗಗನಯಾನಿಗಳಿಗೆ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಯುರೋಪಿನ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆ (European Space Agency-



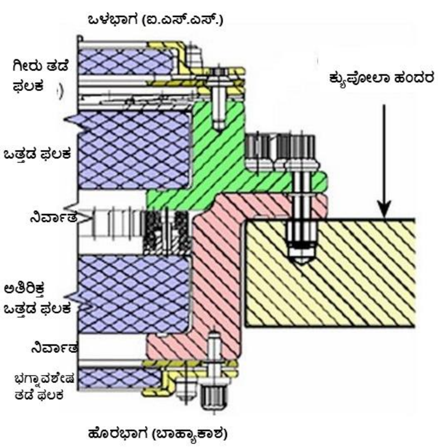
ಚಿತ್ರ–4 : ಕ್ಯುಪೋಲಾ ವೀಕ್ಷಣಾ ಗೋಪುರದ ಹೊರಗಿನ ಮತ್ತು ಒಳಗಿನ ಚಿತ್ರ. ಗೋಪುರದ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಒಂದು ಮತ್ತು ಬದಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಆರು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳನ್ನು ನೋಡಬಹುದು

ESA) ಕ್ಯುಪೋಲಾವನ್ನು ಅಂತರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಕ್ಕಾಗಿ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಕ್ಯುಪೋಲಾದಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಚಿತ್ರ–5 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಉಳಿದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳಿದ್ದು, ಒತ್ತಡ ಫಲಕಗಳು ಸುಮಾರು 25 ಮಿಲಿಮಿಟರ್ ದಪ್ಪವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ಉಷ್ಣ ಫಲಕದ ಬದಲಿಗೆ ಭಗ್ನಾವಶೇಷ ತಡೆ ಫಲಕವಿದ್ದು, ಕ್ಯುಪೋಲಾದ ಎಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಳಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ವೀಕ್ಷಣಾ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಈ ಮುಚ್ಚಳಗಳನ್ನು ತೆರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಉಳಿದ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಿರುವುದರಿಂದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿನ ಭಗ್ನಾವಶೇಷ ಮತ್ತು ಕಿರುಉಲ್ಕೆಗಳ ಹೊಡೆತದಿಂದ ಹೊರಭಾಗದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಕ್ಕೆ ರಕ್ಷಣೆ ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ಕ್ಯುಪೋಲಾದ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಒತ್ತಡ ಫಲಕ್ಕಿಂತ

ಮೊದಲು ಗೀರು ತಡೆ ಫಲಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಒತ್ತಡ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗುವ ಗುರುತುಗಳನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಅಮೇರಿಕಾದ ಖಾಸಗಿ ಸಂಸ್ಥೆ (ವಾಸ್ಟ್–VAST) 2025 ಹೊತ್ತಿಗೆ ಮೊದಲ ವಾಣಿಜ್ಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣ ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಮಾಹಿತಿಯು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದು, ಈ ನಿಲ್ದಾಣವು ಅನೇಕ ಉತ್ತಮ ಸೌಕರ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಈ ಸಂಸ್ಥೆ ನೀಡಿರುವ ಮಾಹಿತಿಯ ಮೇರೆಗೆ ಅವರು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿರುವ ಹೆವನ್–1 (Hevan–1) ಬಾನ್ನಾಣದಲ್ಲಿ ಸರಿಸುಮಾರು 1.1 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿರುವ ಗುಮ್ಮಟ ಆಕಾರದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿ (domed window) ಇರಲಿದೆ (ಚಿತ್ರ–6). ಇದು ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾದಾಗ ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗಿನ ಒಂದು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿ ಆಗಲಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–5: ಕ್ಯುಪೋಲಾದಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ

ಚಿತ್ರ–6: ಹೆವನ್–1 ಬಾನ್ನಾಣದಲ್ಲಿ 1.1 ಮೀ ಗುಮ್ಮಟ ಆಕಾರದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿ

5.0 ಸಾರಾಂಶ

ಭೂಮಿಯಿಂದ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಸಾಗುವಾಗ ಕಿಟಕಿಗಳ ಸ್ವರೂಪವು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕಟ್ಟಡ, ವಾಹನಗಳ ಕಿಟಕಿಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದು, ಸುರಕ್ಷತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ

ಚಿತ್ರ–7: ಗಗನಾಯನದ ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕ

ಅವುಗಳನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಗಾಜುಗಳನ್ನು ಒತ್ತಡ, ತಾಪಮಾನಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿವಿಧ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೊಳಪಡಿಸಿ ಬಲಿಷ್ಠಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾನೌಕೆ, ಬಾನ್ನಾಣಗಳ ಸುರಕ್ಷತೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ಸಮಯವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಮೂರರಿಂದ ನಾಲ್ಕು ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕ, ಬಾನೌಕೆ ಮತ್ತು ಬಾನ್ನಾಣಗಳಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಒಂದು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ ಸೌಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದು ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ವೀಕ್ಷಣೆಯ ಹೊರತಾಗಿ ಗಗನಯಾನಿಗಳ ಮಾನಸಿಕ ಒತ್ತಡ ನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇಸ್ರೋ ಕೈಗೊಳ್ಳಲಿರುವ ಗಗನಯಾನ ಯೋಜನೆಯ ಗಗನಯಾನಿಗಳ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಮೂರು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಇರಲಿದ್ದು, ಇಸ್ರೋ ಪ್ರಕಟಿಸಿರುವ ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ–7 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಬಾಣದ ಗುರುತಿನಿಂದ ತೋರಿಸಿದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಇರಲಿವೆ.

7.0 ಉಪಸಂಹಾರ

ಈ ಲೇಖನವು ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ದೇಶಗಳು ಕಳುಹಿಸಿದ ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕ, ಬಾನೌಕೆ ಮತ್ತು ಬಾನ್ನಾಣಗಳ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಮಾಹಿತಿ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಮುಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ನಿಲ್ದಾಣ, ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕಗಳು ತಯಾರುಗೊಳ್ಳಲಿದ್ದು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳನ್ನು ನಮ್ಮಲ್ಲಿಯೇ ಹೇಗೆ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿದೆ.

8.0 ಕೃತಜ್ಞತೆ

ಈ ಲೇಖನ ಬರೆಯುವಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕರಡು ಪ್ರತಿಯನ್ನು ಓದಿ, ಚರ್ಚಿಸಿ ಕನ್ನಡ ಭಾಷಾಂತರಗಳಿಗೆ ಸಲಹೆ ನೀಡಿದ ಶ್ರೀಮತಿ ಜಯಲಕ್ಷ್ಮಿ ಎಸ್. ಅವರಿಗೆ ಧನ್ಯವಾದಗಳು.

ಗ್ರಂಥಋಣ

1. https://technicalglass.com/technical-properties/

2. https://www.nasa.gov/international-space-station

3. https://www.nasa.gov/international-space-station/cupola/

4. https://www.esa.int/Science-Exploration/Human-and-Robotic-Exploration/Views-from-Cupola

5.https://www.vastspace.com/updates/vast-unveils-its-final-haven-1-space-station-design

6. https://x.com/Gaganyaan-Isro/status/1177656908733407232

(ಈ ಎಲ್ಲ ಜಾಲತಾಣಗಳನ್ನು 20 ಅಕ್ಟೋಬರ್ 2024 ರಂದು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ)

ಲೇಖಕರ ಪರಿಚಯ

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ ಇಸ್ರೋದ ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ(ಲಿಯೋಸ್)ದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿ ಹಾಗೂ ತೆಳುಪದರ ವಿಭಾಗದ ಮುಖ್ಯಸ್ಥರಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡದಿಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಎಂ. ಎಸ್ಸಿ. ಹಾಗೂ ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಿಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪಿ. ಎಚ್. ಡಿ. ಪದವಿ ಪಡೆದಿರುತ್ತಾರೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ದ್ಯುತಿ ತೆಳುಪದರಗಳ ಮೇಲೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿರುವ ಇವರು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ನ್ಯಾನೋ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಆಧಾರಿತ ತೆಳುಪದರಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಸುಮಾರು 75 ಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮತ್ತು ಅಂತರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ನಿಯತಕಾಲಿಕಗಳು ಹಾಗೂ ಸಮಾವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಇವರು ಬರೆದಿರುವ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ ಮತ್ತು ಬಾಲ ಬಾಲೆಯರಿಗಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆಯ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಗೊಂಡಿವೆ.