ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್ಸ್
(ಪುಟಾಣಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು)

ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ವಿ ಮತ್ತು ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ – 2023

ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17

ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್ಸ್

(ಪುಟಾಣಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು)

ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ವಿ ಮತ್ತು ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ – 2023

ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17

"Nano Satellites (Putani Upagrahagalu)"
in Kannada by Suresh Kumar V and Suma Umesh,
Published by
U R Rao Satellite Centre,
Bengaluru-560017
suma@ursc.gov.in

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 60

ಚಿತ್ರ ಕೃಪೆ : 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, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆಸಕ್ತ 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

ಪ್ರಸ್ತುತ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯ ಭಾಗವಾಗಿ ಪ್ರಕಟವಾಗುತ್ತಿರುವ ಈ ಕಿರುಪುಸ್ತಕದ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಡುವುದು.

ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳು ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ವಿಧಾನ ಬದಲಾಯಿಸಿವೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಾತ್ಮಕ ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳು ನೀಡಿದ ಮಾಹಿತಿಯಿಂದ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ದತ್ತಾಂಶ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಬಳಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿವೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನದ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ತಲುಪಿಸಲು ಸಹಕರಿಸಿವೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳ ಗಾತ್ರ, ರೂಪ, ಬೆಳೆದುಬಂದ ರೀತಿ, ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ತತ್ವ, ವಿವಿಧ ಪೆಲೋಡ್‌ಗಳ ಪರಿಚಯ, ಉಡಾವಣೆ, ಪರೀಕ್ಷಣೆ, ಬಳಕೆ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಹಾಗೂ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ತಯಾರಿಕೆ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಷಯ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವ ಆಸಕ್ತಿ ಮೂಡಿಸಿದರೆ, ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಗುರಿ ಸಾಧಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂದಿನ ಮಕ್ಕಳು ಮುಂದೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡು, ಜನಸಾಮಾನ್ಯರ ಜೀವನವನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಲಿ ಎಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕ ಬರೆಯಲು ಅವಕಾಶವಿತ್ತ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಶ್ರೀ ಎಂ ಶಂಕರನ್ ಅವರಿಗೆ ಹೃತ್ಪೂರ್ವಕ ಧನ್ಯವಾದಗಳು. ಈ ಪುಸ್ತಕ ಸರಣಿಯ ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಲಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಶ್ರೀ ರಾಮನಗೌಡ ವಿ ನಾಡಗೌಡ ಹಾಗೂ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಕರಡನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ಸೂಕ್ತ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ ಶ್ರೀ ಹೆಚ್ ಎನ್ ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್, ಡಾ. ಆನಂದ ಎಸ್, ಡಾ. ಬೆ ರಾ ನಾಗೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಹಿರಿಯರಿಗೆ ಹಾಗೂ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಗೆ ನಮ್ಮ ನಮನಗಳು.

ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ವಿ

ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್

ಪರಿವಿಡಿ

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ	1
2. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು	9
2.1. ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ	11
2.2. ಪ್ರವೃತ್ತಿ ನಿರ್ಣಯ & ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ	13
2.3. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆ	17
2.4. ಸಂವಹನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ	20
2.5. ಪೇಲೋಡ್	23
3. ಉಪಗ್ರಹ ಪರೀಕ್ಷಣೆ	26
4. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಉಡಾವಣೆ	28
5. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಪ್ರಯೋಜನಗಳು ಮತ್ತು ಬಳಕೆ	31
6. ಕೆಲವು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು	36
7. ಉಪಸಂಹಾರ	42

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಉಪಗ್ರಹ ಎಂದರೆ ಮೊದಲು ನೆನಪಾಗುವುದು ಭೂಮಿಯ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಉಪಗ್ರಹ ಚಂದ್ರ. ಭೂಮಿಯನ್ನು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹ ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ.

ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಮತ್ತು ಕೃತಕ ಎಂದು ವಿಂಗಡಿಸಲಾಗಿದೆ.ಈ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಫುಟ್‌ಬಾಲ್ ಮೈದಾನದಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಶೂ–ಬಾಕ್ಸ್‌ನಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕವುಗಳು ಇವೆ.ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನಾವು ಶೂ–ಬಾಕ್ಸ್‌ನಷ್ಟು ಗಾತ್ರದ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

10 ಕಿಲೋಗ್ರಾಮ್ ಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತೂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತಹ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ 'ನ್ಯಾನೊ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್ ಗಳು' ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ಬಗೆಗಳಿವೆ, ಅವು ಕ್ಯೂಬ್ ಸ್ಯಾಟ್ಸ್ (CubeSats), ಪಾಕೆಟ್‌ಕ್ಯೂಬ್ಸ್ (PocketQubes), ಟ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್ಸ್ (TubeSats), ಸನ್ ಕ್ಯೂಬ್ಸ್ (SunCubes), ತಿನ್‌ಸ್ಯಾಟ್ಸ್ (ThinSats) ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಿತವಲ್ಲದ (Non-Standard) ಪಿಕೊ (Pico)

ಉಪಗ್ರಹಗಳು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖವಾದುದ್ದು ಕ್ಯೂಬ್ ಸ್ಯಾಟ್. ಇವೆಲ್ಲವು ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಕ್ರಾಂತಿ ಹಾಗೂ ಆಧುನಿಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಭಾಗವಾಗಿದೆ. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು ನಿಯಮಿತ ಆಕಾರ, ಗಾತ್ರ ಹಾಗೂ ತೂಕದಂತಹ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಾನದಂಡಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳನ್ನು ಹಲವು ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸಿಸಬಹುದು, ಆದರೆ ಅವುಗಳೆಲ್ಲವು ಪ್ರಮಾಣಿತ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್ ಘಟಕ (Unit) ವನ್ನು ಆಧರಿಸಿವೆ. ಅವುಗಳು 10 x 10 x 10 ಸೆ.ಮೀ. ಅಳತೆ ಹಾಗೂ 1 ರಿಂದ 1.33 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ. ನಡುವಿನ ತೂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತಹ ಕ್ಯೂಬ್ ಆಕಾರದ ರಚನೆಯಾಗಿವೆ. ಈ ಘಟಕವನ್ನು 1ಯು ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು 1ಯು, 1.5ಯು, 2ಯು, 3ಯು, 6ಯು ಹಾಗೂ 12ಯು ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ದೊರಕುತ್ತವೆ. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಮಾನದಂಡಗಳಿಂದ ತಯಾರಾಗುವ ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳನ್ನು ದೊಡ್ಡ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಿಸುವುದಲ್ಲದೆ, ಉಡಾವಣೆಗೆ ಅನೇಕ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನೂ ಸಹ ಮಾಡಬಹುದು.

ಇದರಿಂದ ಉಡಾವಣಾ ವೆಚ್ಚ ಕಡಿಮೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಮಾಣಿಕರಿಸಿದ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ತಯಾರಿಕೆ ಮಾರುಕಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಅನೇಕ ಸಿದ್ಧವಾದ (Commercial Off The Shelf (COTS)) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಬಿಡಿ ಭಾಗಗಳ ಬಳಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಲ್ಲದೇ ಹಲವಾರು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಪೂರೈಕೆದಾರರ ಆಯ್ಕೆಗಳನ್ನೂ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್ ಎಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಮತ್ತು ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಯೋಜನೆಗಳ ವೆಚ್ಚವು ಬೇರೆ ಬಗೆಯ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಡಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಏರುಗತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಾ, ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ನುರಿತವಾಗುತ್ತಾ ವಿಶ್ವದ ಅತ್ಯಂತ ಏಳಿಗೆ ಹೊಂದಿದ ದೇಶಗಳ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಅಥವಾ ಪ್ರಮುಖ ನಿಗಮಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಕೈಗೆಟಕುವಂತಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಹೊಸ ಪ್ರವೃತಿ ಕಡಿಮೆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಿಸುವ ತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಚಿಕ್ಕದಾಗುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಭಾಗಗಳು ಹಾಗೂ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಆಗುತ್ತಿರುವ ವೆಚ್ಚಗಳು ಈ

ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿ ಆಗಿದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಹಣಕಾಸು ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಕಂಪನಿಗಳು ಅಥವಾ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಮೀಸಲಾಗಿದ್ದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು, ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ಸಣ್ಣ ಮತ್ತು ಮಧ್ಯಮ ವಾಣಿಜ್ಯ ಸಂಸ್ಥೆಗಳು, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು, ಶಾಲೆಗಳಿಗೂ ಸಹ ಕೈಗೆಟುವಂತಾಗಿದೆ.

ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್ ತರಹದ ಪುಟಾಣಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳ ಸಂಶೋಧಕರಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ತಯಾರಿಯಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದೆ. ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಭಾಗವಹಿಸುವಿಕೆಯಿಂದ ಹೊಸ ವಿನ್ಯಾಸಗಳು, ವಿನೂತನ ಯೋಜನೆಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಯ ಅಲೆ ಎಬ್ಬಿಸಿದೆ.

ಅಲ್ಲದೆ ಅನೇಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳು ಉತ್ತೇಜಿತಗೊಂಡು ಪಠ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡಿವೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಸಣ್ಣ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳು, ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಗಳು, ಹಿರಿಯ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಶಾಲೆಗಳು ಮತ್ತು

ಕಿರಿಯ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಶಾಲೆಗಳು ಸಹ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಮುಂದೆ ಬಂದಿವೆ.

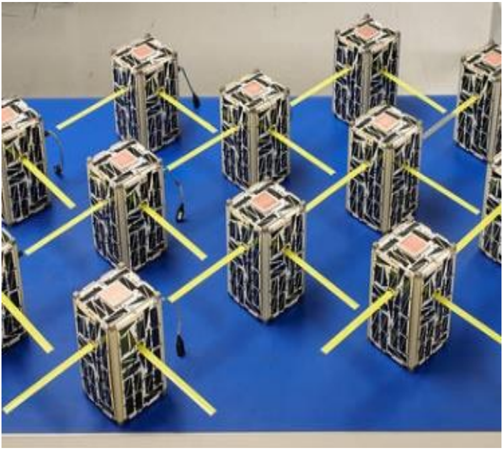
ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಕೆಳಗೆ ತೂಕದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ವಿಂಗಡನೆಯನ್ನು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ

ತೂಕದ ಪ್ರಕಾರ ಉಪಗ್ರಹ ಬಗೆಗಳು:

ಹೆಸರು	**ತೂಕ**
ದೊಡ್ಡ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	> 1000 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ಮಧ್ಯಮ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	500–1000 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ಸಣ್ಣ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	<500 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ಮಿನಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	100 – 500 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ಮೈಕ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	10 – 100 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	1– 10 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ಪಿಕೋ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	100 ಗ್ರಾಂ – 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ
ಫೆಮ್ಟೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	10 ಗ್ರಾಂ – 100 ಗ್ರಾಂ
ಅಟ್ಟೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	1 ಗ್ರಾಂ – 10 ಗ್ರಾಂ
ಸೆಪ್ಟೋ ಉಪಗ್ರಹಗಳು	0.1 ಗ್ರಾಂ – 1 ಗ್ರಾಂ

ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ತೂಕದ ವ್ಯಾಪ್ತಿ:

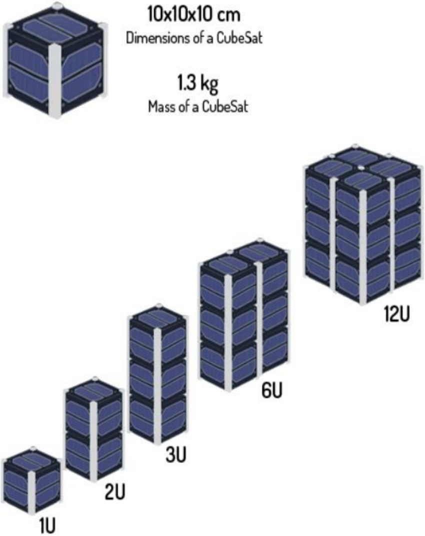
- 0.25 ಯು ನಿಂದ 27 ಯು
- ~ 0.2 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ನಿಂದ 40 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ



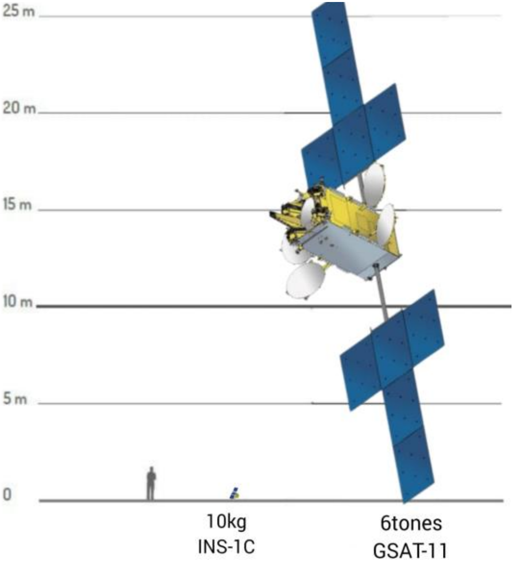
ಚಿತ್ರ–1: ಸಮೂಹ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು

ಯಾವುದೇ ಯಂತ್ರವು ಬಹಳಷ್ಟು ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ, ಇದೇ ರೀತಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಕೂಡ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಈ

ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದು ಕೊಳ್ಳೋಣ.



ಚಿತ್ರ–2: ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರಗಳು

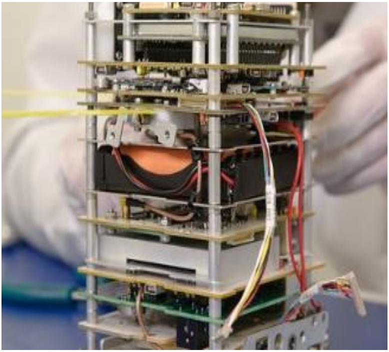


ಚಿತ್ರ–3: ಇಸ್ರೋವಿನ ಐ.ಎನ್.ಎಸ್–1ಸಿ ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹ ಮತ್ತು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹ ಜಿ.ಸ್ಯಾಟ್–11ರ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಲಾಗಿದೆ.

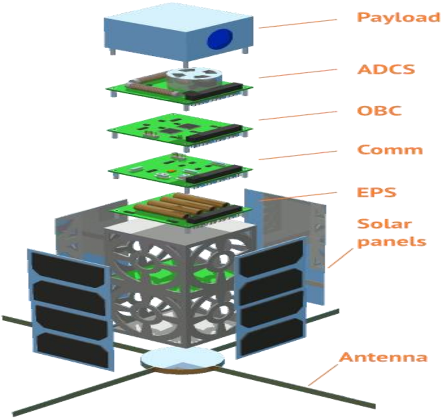
2. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು (Subsystems)

ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗೂ ತನ್ನದೆ ಆದ ಒಂದು ಕಾರ್ಯ ನಿಗದಿ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಅಂತರ್‌ಜೋಡಣೆಯಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಅಂತರ್‌ಜೋಡಣೆ ಮಾಡಲು ಐ2ಸಿ (I2C), ಎಸ್‌ಪಿಐ (PCI), ಕ್ಯಾನ್ (CAN), ಪಿಸಿಐ (PCI) ಮತ್ತು ಪಿಸಿ–104 (PC-104) ಮುಂತಾದ ಔದ್ಯಮಿಕ ಗುಣಮಟ್ಟದ ಸಂಯೋಜನಾ ಪದ್ಧತಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತಯಾರಕರ ಘಟಕಗಳ ಮತ್ತು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಜೋಡಣೆ ಸುಲಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಕೂಡ ನಿಯಮಿತ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ತರಹವೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 4 & 5 ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–4: ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಜೋಡಣೆಯ ನಂತರದ ನೋಟ



ಚಿತ್ರ–5: ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ತೆರೆದ ನೋಟ

2.1. ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (ಆನ್ ಬೋರ್ಡ್ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ಅಥವಾ ಒ.ಬಿ.ಸಿ.)

ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಉಪಗ್ರಹದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿದೆ. ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಯಂತ್ರಾಂಶವಾಗಿದ್ದು, ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ತಂತ್ರಾಂಶ (ಸಾಫ್ಟವೇರ್) ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ತಂತ್ರಾಂಶವು ಉಪಗ್ರಹದ ಪ್ರಮುಖ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತದೆ. ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಪ್ರಾಥಮಿಕವಾಗಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಷ್ಕಾರಕ (Microprocessor), ನಾನ್–ವೊಲಟೈಲ್ (Non-Volatile) ಮೆಮೋರಿ, ವೊಲಟೈಲ್ (Volatile) ಮೆಮೋರಿ ಮತ್ತು ಸಂಪರ್ಕ ಏರ್ಪಡಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು (Integrated Circuit or IC) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಒ.ಬಿ.ಸಿ. ಯಲ್ಲಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಷ್ಕಾರಕವು ಒಂದು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡುವ ಸಾಧನವಾಗಿದೆ. ಅಂಕಗಣಿತ, ತಾರ್ಕಿಕ ಲೆಕ್ಕಗಳು ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಇದು ಹೊಂದಿದೆ. ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಈ ಮೂರು ಮಂಡಲಗಳು ಜಂಟಿಯಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ನಾನ್–ವೊಲಟೈಲ್ ಮೆಮೋರಿಯಲ್ಲಿರುವ

ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯ ಪೂರೈಕೆ ನಿಲ್ಲಿಸಿದ ನಂತರವು ಬಹುಕಾಲದವರೆಗೆ ನೆನಪಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಾನ್–ವೊಲಟ್ಟೈಲ್ ಮೆಮೋರಿಯನ್ನು ತಂತ್ರಾಂಶ ಉಳಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ವೊಲಟ್ಟೈಲ್ ಮೆಮೋರಿಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಪೂರೈಕೆ ಸ್ಥಗಿತಗೊಂಡ ನಂತರ ಅದರಲ್ಲಿ ಸಂರಕ್ಷಿಸಲಾದ ದತ್ತಾಂಶವು ಅಳಿಸಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ವೊಲಟ್ಟೈಲ್ ಮೆಮೋರಿಯಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಷ್ಕಾರಕದ ವಾಸ್ತವಿಕ ಸಮಯದ (Real Time) ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಉಳಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗುವುದು.

ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಉಪಯೋಗಗಳು:

- ಕಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಣ
- ದೂರಮಾಪನ (Telemetry) ದತ್ತಾಂಶ ನಿರ್ವಹಣೆ
- ದೂರಸಂಪರ್ಕ (Telecommand) ಕ್ರಮಗಳು
- ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ನಡುವೆ ಸಮಯ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ (Time Synchronisation)
- ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆ ವೈಫಲ್ಯ ಪತ್ತೆ, ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಕರಣ ಮತ್ತು ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ತದ್ರೂಪಿಯನ್ನು ಬಳಸಿ

ಪುನರ್‌ಸಂರಚನೆ (Fault detection, Isolation and reconfiguration).

2.2. ಪ್ರವೃತ್ತಿ ನಿರ್ಣಯ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Attitude Determination and Control System (ADCS))

ಈ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ದೃಷ್ಟಿ ನಿಖರತೆ (pointing accuracy) ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು (platform stability) ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಸಂವೇದಕ (sensors), ಪ್ರೇರಕ/ಪ್ರಚೋದಕ (actuator) ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಕಗಳ ಜಂಟಿ ಕಾರ್ಯಚರಣೆಯಿಂದ ಕಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿ ಇಡುತ್ತದೆ.

ಸಂವೇದಕ: ಸಂವೇದಕವು(Sensors) ಒಂದು ಭೌತಿಕ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆದು ಸಂಕೇತವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಒಂದು ಸಾಧನ. ಬಹುತೇಕ ಸಂವೇದಕಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಭೌತಿಕ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಪಾದರಸ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು (Thermometer) ಅಳೆದ ಉಷ್ಣತೆ ದ್ರವದ

ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಅಥವಾ ಕುಗ್ಗುವಿಕೆಗೆ ನೇರ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮಾಪನಾಂಕಿತ ಗಾಜು ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲೆ ಓದಲ್ಪಡಬಲ್ಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಸಂವೇದಕಗಳು ವೇಗ, ಸ್ಥಾನ, ಒತ್ತಡ, ಆರ್ದ್ರತೆ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ಅನೇಕ ಭೌತಿಕ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತವೆ. ಹಲವಾರು ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ:

- ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂವೇದಕ (Star Sensor)
- ಸೂರ್ಯ ಸಂವೇದಕ (Sun Sensor)
- ಭೂಮಿ ಸಂವೇದಕ (Earth Sensor)
- ಗೈರೊಸ್ಕೋಪ್ (Gyroscope)
- ಆಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಮಾಪಕ (Magneto meter) ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ಸಂವೇದಕಗಳು.

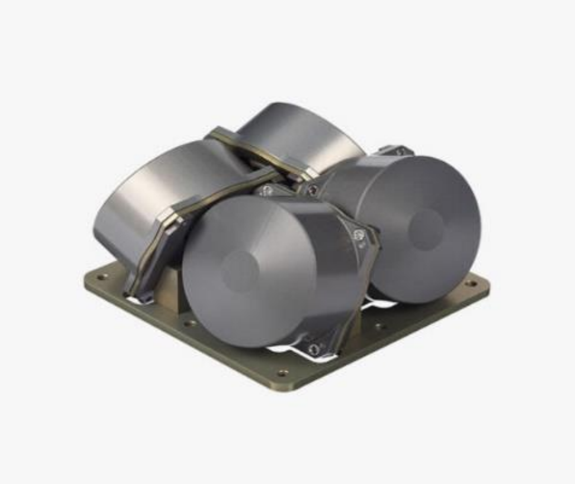
ಪ್ರೇರಕ/ಪ್ರಚೋದಕ: ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿಸುವ ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನು ಪ್ರಚೋದಕವೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಚೋದಕವು ಸಾಧನದ ಅಥವಾ

ಯಂತ್ರದ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿದ್ದು ಇದು ವಿದ್ಯುತ್, ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಜಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಮೂಲಕ ಭೌತಿಕ ಚಲನವಲನ ಸಾಧಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದಿನನಿತ್ಯ ಬಳಸುವ ಪಂಕೆಯಲ್ಲಿ ಮೋಟಾರ್ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪಂಕೆಯ ರೆಕ್ಕೆಗಳು ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ ಗಾಳಿ ಬೀಸುತ್ತವೆ. ಹಲವಾರು ವಿಧದ ಪ್ರಚೋದಕಗಳು ದೈನಂದಿನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಪ್ರಚೋದಕಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

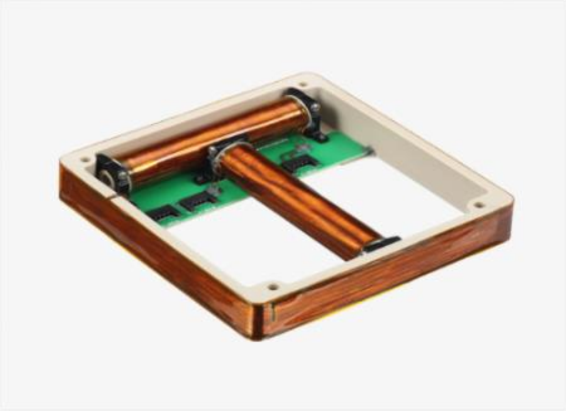
- ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಚಕ್ರಗಳು (Reaction Wheels)
- ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ (Magnetic Torquer)
- ನೋದಕ(Thruster) ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ಪ್ರಚೋದಕಗಳು

ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ನೋದನ (Propulsion) ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ಅದರಿಂದ ಇದರಲ್ಲಿ ನೋದಕಗಳು (ಸಣ್ಣ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು) ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಚಿತ್ರ 6 & 7 ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಚಕ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–6: ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಚಕ್ರಗಳು (Reaction Wheels)



ಚಿತ್ರ–7: ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ (Magnetic Torquer)

2.3. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Electrical Power System (EPS))

ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆ, ಶೇಖರಣೆ, ವಿತರಣೆ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣಗಳ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಸೌರಫಲಕಗಳ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಲಿಥಿಯಂ ಅಯಾನ್ ಬ್ಯಾಟರಿಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರಣೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ

ಬೇಕಾದಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬ್ಯಾಟರಿಯ ಮೂಲಕ ವಿತರಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 1ಯು, 2ಯು & 3ಯು ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಗರಿಷ್ಠ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಅಂದಾಜು ಉತ್ಪಾದನೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ 1–1.25 ವ್ಯಾಟ್, 2–5 ವ್ಯಾಟ್ ಮತ್ತು 7–20 ವ್ಯಾಟ್‌ಗಳು.

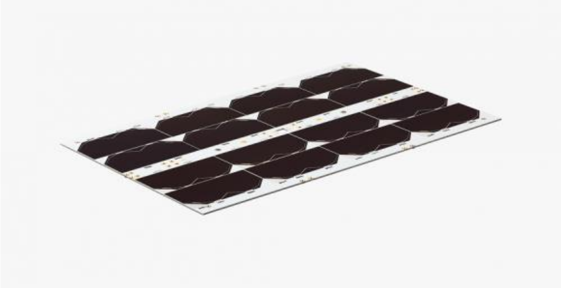
ಈ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆ, ನಿರಂತರ ಕೆಲಸಮಾಡುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣದ (ಉಪಗ್ರಹ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನ ಮಧ್ಯೆ ಭೂಮಿ ಬಂದರೆ) ಅವಧಿಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ವಿನ್ಯಾಸಿಸಲಾಗುವುದು. ಉಪಗ್ರಹದ ತುರ್ತುಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಬ್ಯಾಟರಿಯನ್ನು ಪೂರಣ ಮಾಡಲಾಗದೆ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯ ಕೆಳಮಿತಿ ತಲುಪಿದಾಗ, ಉಪಗ್ರಹದ ಮೂಲಭೂತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ ಇನ್ನೆಲ್ಲಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಗಿತಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು.

2.3.1. ಸೌರ ಫಲಕಗಳು (Solar Panels)

ಸೌರ ಫಲಕಗಳು ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೌರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ. ಸೌರ ಫಲಕದಲ್ಲಿ

ಫೋಟೋ–ವೋಲ್ಟಾಯಿಕ್ ಸೆಲ್‌ಗಳನ್ನು ಸರಣಿ ಮತ್ತು ಸಮಾನಾಂತರ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿ ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಸೌರ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಅಡಕವಾಗಿ ಇಟ್ಟು ಉಡಾವಣೆಯ ನಂತರ ತೆರೆಯುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಿಸಲಾಗುವುದು. ಚಿತ್ರ 8ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಸೌರ ಫಲಕ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–8: ಸೌರ ಫಲಕ

2.4. ಸಂವಹನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Communication System)

ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಆಂಟೆನಾ ಮೂಲಕ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರದ (Ground station) ಜೊತೆ ದೂರಾದೇಶ(Telecommand) ಮತ್ತು ದೂರಮಾಪನ (Telemetry), ದತ್ತಾಂಶ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದು ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತಗಳ(RF signal)ಮೂಲಕ ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ದೂರಾದೇಶವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ ಅಪವರ್ತನ (Demodulation) ಮತ್ತು ಸಂಕೇತ ಪರಿವರ್ತಕ (Decoding) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ನಂತರ ಉತ್ಪಾದಿತ ಆದೇಶದ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಆ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಕಾರ್ಯಾಗತಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಅದೇ ರೀತಿ ಗಣಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಬಂದ ದೂರಮಾಪನ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಸಂಜ್ಞಾರೂಪಕ್ಕೆ (Encode) ಬದಲಿಸಿ ನಂತರ ಅದನ್ನು ಅನುವರ್ತನೆ

ಮಾಡಿ(Modulate) ಮಾಡಿ ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುತ್ತದೆ.

ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅತ್ಯುಚ್ಚ(VHF) ಮತ್ತು ಉಚ್ಚಾತೀತ(UHF) ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ ಅತ್ಯುಚ್ಚ(VHF) ತರಂಗಾಂತರ 30–300 ಮೆಗಾಹರ್ಟ್ಸ್ ಆದರೆ, ಉಚ್ಚಾತೀತ(UHF) ತರಂಗಾಂತರ 300–900 ಮೆಗಾಹರ್ಟ್ಸ್ ತನಕ ಇರುತ್ತದೆ.

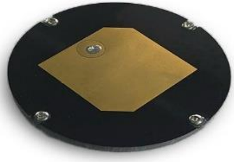
2.4.1. ಆಂಟೆನಾ (Antenna)

ಇದು ಒಂದು ಲೋಹದ ರಚನೆಯಾಗಿದ್ದು, ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಲು ಅಥವಾ ರವಾನಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಂಟೆನಾವು ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ರವಾನಿಸುವಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುವಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆಂಟೆನಾಗಳು ಹಲವು ಬಗೆಯ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿದೆ.

ಪ್ರಮುಖವಾದ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಆಂಟೆನಾ ವಿಧಗಳು ಎಂದರೆ ಮೊನೊಪೊಲ್ (Monopole), ಡೈಪೊಲ್(Dipole), ಟರ್ನ್‌ಸ್ಟೈಲ್ (Turnstile) ಮತ್ತು ಪ್ಯಾಚ್ (Patch) . ಚಿತ್ರ 9 ಮತ್ತು 10ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಚಿತ್ರ–9: ಕ್ವಾಡ್ ಮೊನೊಪೊಲ್ ಯು.ಹೆಚ್.ಎಫ್.

ಆಂಟೆನಾ



ಚಿತ್ರ–10: ಎಸ್ ತರಂಗಾಂತರದ ಪ್ಯಾಚ್ ಆಂಟೆನಾ

2.5. ಪೇಲೋಡ್ (Payload)

ಯಾವುದೇ ಅಭಿಯಾನದ (Mission) ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಉಪಕರಣವೆಂದರೆ ಪೇಲೋಡ್. ಉಪಗ್ರಹದ ಇತರ ಮುಖ್ಯ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಇದರ ಕಾರ್ಯಚರಣೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳನ್ನ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಧವಾಗಿ ವರ್ಗೀಕರಣ ಮಾಡಬಹುದು, ಒಂದು ದೂರ ಸಂವೇದನೆ (Remote Sensing), ಇನ್ನೊಂದು ದೂರಸಂಪರ್ಕ (Communication) ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳು.

ದೂರ ಸಂವೇದನೆ ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಭೌತಿಕ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದೆ ಸ್ವಾಧೀನಪಡಿಸಿಕೊಳುತ್ತವೆ. ದೂರ ಸಂವೇದನೆ ಪೇಲೋಡ್ ಗಳನ್ನ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ–ಕ್ರಿಯೆಯ (Active) ಮತ್ತು ಪರೋಕ್ಷ–ಕ್ರಿಯೆಯ (Passive) ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳೆಂದು ವರ್ಗೀಕರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪರೋಕ್ಷ ಕ್ರಿಯೆಯ (Passive) ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುವ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸಂವೇದಿಸುತ್ತವೆ, ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ–ಕ್ರಿಯೆಯ ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಕಳಿಸಿ, ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸಂವೇದಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ, ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸುತ್ತವೆ.

ದೂರಸಂಪರ್ಕ ಪೇಲೋಡ್‌ಗಳು ಬಾಗಿದ ಕೊಳವೆಯ (Bent Pipe) ತರಹ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಳುಹಿಸಿದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ, ಅದರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಭೂಮಿಗೆ ಮರು ರವಾನಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ತರಂಗಗಳ

ಹರಡುವಿಕೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದೂರದರ್ಶನ (Television) ಪ್ರಸಾರ.

ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ದೂರ ಸಂವೇದನೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಯಾವುದೇ ವ್ಯವಸ್ಥೆ/ವಸ್ತು/ಯಂತ್ರದ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಗುಣಮಟ್ಟತೆ ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪರೀಕ್ಷಣೆ ತುಂಬ ಅಗತ್ಯ, ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಅಂತರ್‌ಜೋಡಣೆಯಾದ ಉಪಗ್ರಹದ ಪರೀಕ್ಷಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

3. ಉಪಗ್ರಹ ಪರೀಕ್ಷಣೆ

ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಂಯೋಜನೆಗೊಂಡ ಉಪಗ್ರಹದ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯ ಗುಣಮಟ್ಟವನ್ನು ಖಚಿತಗೊಳಿಸಲು, ಅದರ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ತನ್ನ ನಿರ್ಧಾರಿತ ಕೆಲಸವನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತಿದೆಯೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಇದು ಉಪಗ್ರಹ ಪರೀಕ್ಷಣೆಯ ಗುರಿ. ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಹಂತದಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಜೋಡಣೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ, ಉಡಾವಣೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರತವಾಗಿರುವಾಗ ಉಪಗ್ರಹವು ಒಳಗಾಗುವ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಅನುಸರಣೆ ಮಾಡಿ ನಿಖರ ಪರೀಕ್ಷಣೆ ಮಾಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಾಗಿ ಬೇಕಾಗುವ ತಕ್ಕ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯಂತ್ರಾಂಶ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಸಹ ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡಿ, ಸಂರಚಿಸಿ, ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ರೀತಿ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನಗೊಂಡ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಪಗ್ರಹ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಳು ನೈಜ ಕಕ್ಷೀಯ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾದ ಅನುಭವವನ್ನೂ, ವಿಶ್ವಾಸವನ್ನೂ

ಮೂಡಿಸುತ್ತವೆ. ಅದಲ್ಲದೇ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಉಡ್ಡಯನಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಿ ನಿವಾರಿಸುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಂಶವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು, ದಾಖಲೆಗಳೂ ಉಪಗ್ರಹವು ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿರುವವರೆಗೂ ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯ. ವಿವಿಧ ಪರೀಕ್ಷಣೆಯ ಹಂತಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಪೂರ್ಣಗೊಳಿಸಿದ ಉಪಗ್ರಹ ಉಡಾವಣೆಗೆ ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ.

4. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಉಡಾವಣೆ

ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ವಿಶೇಷತೆಯೇನೆಂದರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಉಡಾಯಿಸಲು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ರಾಕೆಟ್ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಹಳ್ಳಿಯಿಂದ ಪೇಟೆಗೆ ಹೋಗುವ ತರಕಾರಿ ಟ್ರಾಕ್ಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಸಹಾಯ ಕೇಳಿ ಕುಳಿತು ಸ್ಕೂಲಿಗೆ ಹೋಗುವ ಮಕ್ಕಳಂತೆ, ಇವುಗಳು ಕೂಡ ದೊಡ್ಡ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಜೊತೆ ಸೇರಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಕುಳಿತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸೇರುತ್ತವೆ. ದೊಡ್ಡ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಜೊತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಕುಳಿತು ಪ್ರಯಾಣಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಉಡಾವಣೆ ಆಯ್ಕೆಗಳು ಲಭ್ಯವಿದೆ. ಆದ ಕಾರಣ ಇವುಗಳ ಉಡಾವಣ ವೆಚ್ಚ ಸಹ ಕಡಿಮೆ. ಪ್ರಸ್ತುತವಾಗಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳನ್ನು ಇಂಟರ್ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಸ್ಟೇಷನ್ (ISS), ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಾದ ಪಿ.ಎಸ್.ಎಲ್.ವಿ, ಎಸ್.ಎಸ್.ಎಲ್ .ವಿ, ವೆಗಾ, ಫಾಲ್ಕನ್–9, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಇತರೆ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಿಂದ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿವೆ. ಇಂಟರ್ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಸ್ಟೇಷನ್ ನಿಂದ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಉಡಾವಣೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 11ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. 2017 ರ

ಫೆಬ್ರವರಿ 15 ರಂದು ಭಾರತದ ಪಿ.ಎಸ್.ಎಲ್.ವಿ ರಾಕೆಟ್ ವಾಹಕ 104 ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿತು, ಇದರಲ್ಲಿ ಭಾರತದ ಎರಡು ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್‌ಗಳಲ್ಲದೆ, ವಿವಿಧ ದೇಶಗಳ 101 ಪುಟಾಣಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ಉಡಾವಣ ವೆಚ್ಚ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ. ಪಿ. ಎಸ್. ಎಲ್. ವಿ ರಾಕೆಟ್ ಒಂದೇ ಬಾರಿ ಕ್ಯೂಬ್ ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಕ್ಷೆಗೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದಿದೆ, ಪಿ. ಎಸ್. ಎಲ್. ವಿ ರಾಕೆಟ್‌ನ ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹ ಪುಂಜಗಳನ್ನು ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲು ಬಹಳ ಸಹಾಯಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್ ಗಳನ್ನು ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್ ಡಿಸ್ಪೆನ್ಸರ್‌ನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ರಾಕೆಟ್‌ಗೆ ಜೋಡಿಸಲಾಗುವುದು. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ರಾಕೆಟ್‌ನ ಆದೇಶದ ಮೇರೆಗೆ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳನ್ನು ಡಿಸ್ಪೆನ್ಸರ್‌ನಿಂದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಉಡಾವಣೆಯಾದ ಉಪಗ್ರಹ ಬಹಳಷ್ಟು ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಭೂ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುತ್ತದೆ, ಈ ದತ್ತಾಂಶದ ಉಪಯೋಗಗಳು ಮತ್ತು ಬಳಕೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ ಬನ್ನಿ.

ಚಿತ್ರ–11: ಐ.ಎಸ್.ಎಸ್.ನಿಂದ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಉಡಾವಣೆ

5. ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳ ಪ್ರಯೋಜನಗಳು ಮತ್ತು ಬಳಕೆ

ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಬಹಳಷ್ಟು ಪ್ರಯೋಜನಗಳಿವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖವಾದವು ಈ ಕೆಳಗೆ ಪಟ್ಟಿಮಾಡಲಾಗಿದೆ:

- ಕೈಗೆಟುಕುವ ದರದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹ ತಯಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ಉಡಾವಣೆ.
- ಉಪಗ್ರಹ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿಸುವುದು (Miniaturisation).
- ಮಾರುಕಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧವಾಗಿ ದೊರಕುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಬಳಕೆ (Commercial Off The Shelf).
- ಉಪಗ್ರಹ ಜೋಡಣೆಯ ಹೊಸ ವಿಧಾನಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ.
- ನವನವೀನ ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ.
- ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹ ತಯಾರಿಕೆ & ಉಡಾವಣೆ.
- ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಉತ್ಸಾಹಿಗಳಿಗೆ ಉಪಗ್ರಹ ತಯಾರಿ ಮತ್ತು ಉಡಾವಣೆಗೆ ಅವಕಾಶ.

5.1. ಬಳಕೆ (Applications)

ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು ಹಲವಾರು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಕರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

5.1.1. ಭೂಮಿಯ ವೀಕ್ಷಣೆ

ನೈಸರ್ಗಿಕ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಸರಿಯಾದ ನಿರ್ವಹಣೆ ಮತ್ತು ಸುಸ್ಥಿರ ಆರ್ಥಿಕತೆಯನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲು ದತ್ತಾಂಶ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುದು ಮತ್ತು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಜನಸಂಖ್ಯೆಯ ಜೀವನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಸುಧಾರಿಸಲು ಕೃಷಿ, ಅರಣ್ಯ, ಭೂವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಪರಿಸರದ ಮೇಲೆ ಮಾನವ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವುದು ನಿರ್ಣಾಯಕವಾಗಿದೆ.

ಇದರ ದತ್ತಾಂಶದ ಕೆಲವು ಉಪಯೋಗಗಳು ಇಲ್ಲಿ ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ

- ಬೆಳೆ ಇಳುವರಿ ಮಾಹಿತಿ
- ನಗರ ಮತ್ತೀತರ ಯೋಜನೆಗಾಗಿ ನಕ್ಷೆ ತಯಾರಿಕೆ
- ಹವಾಮಾನ ಮಾಹಿತಿ
- ಸಂಪನ್ಮೂಲ ಗುರುತಿಸುವುದು ಇತ್ಯಾದಿ

5.1.2. ಸಂವಹನ ಮತ್ತು ಐಒಟಿ (IoT)

ನ್ಯಾನೊಸ್ಯಾಟ್‌ಲೈಟ್‌ಗಳು ಜಾಗತಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇಂಟರ್ನೆಟ್ ಆಫ್ ಥಿಂಗ್ಸ್ (IoT) ಅನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲು ಅಡಿಪಾಯವನ್ನು ಹಾಕಿವೆ. ಜಾಗತಿಕ ಸಂಪರ್ಕಗಳು ಮತ್ತು ಸಂವಹನಗಳ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಸಂವೇದನಾಶೀಲ ಉಪಕರಣಗಳು ಮತ್ತು ಜಾಲಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ದಿನೇ ದಿನೇ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿದೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಮೂಲಸೌಕರ್ಯಗಳ ಮೂಲಕ ಭೂ ಸಂವಹನ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಇಲ್ಲದ ಪ್ರಪಂಚದ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸಲು ಈ ಮೂಲಕ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

5.1.3. ಸಂಕೀರ್ಣ ಸ್ವತ್ತು ನಿರ್ವಹಣೆ

ಭೂಪ್ರದೇಶ ಮತ್ತು ಸೈನ್ಯದ ಸರಂಜಾಮುಗಳನ್ನು (ಅಂದರೆ ವಿಮಾನ, ಹಡಗುಗಳು, ವಾಹನಗಳು, ಇತ್ಯಾದಿ) ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಿಸುವುದು ಯಾವುದೇ ಭೂ ಸಂವಹನ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಇಲ್ಲದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಅಸಾಧ್ಯ ಅಥವಾ ಅತ್ಯಂತ ದುಬಾರಿ ಎನ್ನಬಹುದು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಮತ್ತು ಜಾಗತಿಕ ದೂರದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ನೀಡುವ ನ್ಯಾನೊ

ಉಪಗ್ರಹ ಪುಂಜಗಳು ಭೂಮಿಯ ಯಾವುದೇ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಸ್ವತ್ತು ಅಥವ ಜನರ ಮೇಲಿನ ತಕ್ಷಣದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಸಂಕೀರ್ಣ ಸ್ವತ್ತು ನಿರ್ವಹಣಾ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸ್ತುತ ಜಾಲಗಳಿಗೆ ಪೂರಕವಾಗಬಹುದು.

5.1.4. ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತ ಉಸ್ತುವಾರಿ (RF Signal Monitoring)

ನ್ಯಾನೊ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ರೇಡಿಯೊ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಿಪತ್ತಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅವು ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಹುದು ಎಂದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಗಂಭೀರವಾಗಿ ಬಾಧಿತವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅತಿ ತ್ವರಿತವಾಗಿ ರಕ್ಷಣಾ ಮತ್ತು ಪರಿಹಾರ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಯೋಜಿಸಬಹುದು.

5.1.5. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉಪಯೋಗಗಳು

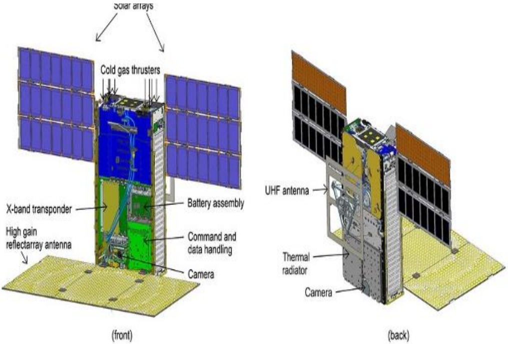
ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅವಲೋಕನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳು, ಅಂತರ ಗ್ರಹ ಯೋಜನೆ, ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ, ಜೈವಿಕ ವೈದ್ಯಕೀಯ ಸಂಶೋಧನೆ ಮುಂತಾದ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಸೇರ್ಪಡೆಯಾಗದ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೆ ಹೆಬ್ಬಾಗಿಲಾಗಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತಿದೆ.

ಇಂದಿನವರೆಗೆ 2000 ಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು ಉಡಾವಣೆಗೊಂಡಿವೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

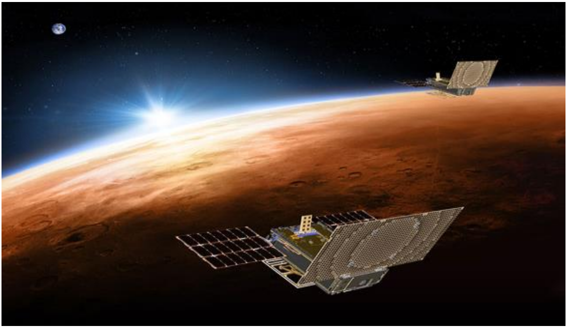
6. ಕೆಲವು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು

6.1. ಮರ್ಕೋ ಎ & ಬಿ (MarCO A & B):

ಈ ಎರಡು ಅವಳಿ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಕಳುಹಿಸಿದ ಮೊದಲನೇ ಮತ್ತು ಎರಡನೇ ಅಂತರ್ ಗ್ರಹ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು. ಇವು ನಾಸಾದ ಇನ್ಸೈಟ್ (Insight) ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಮಂಗಳ ಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಇಳಿಯುವಾಗ ಭೂಮಿಗೆ ದೂರಮಾಪನ (Telemetry) ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ವರ್ಗಾವಣೆ ಮಾಡಲು ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳಾಗಿ (Relay Satellite) ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಈ ಎರಡು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಗಾತ್ರ 6 ಯು. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನಾಸಾದ ಜೆಟ್ ಪ್ರೊಪಲ್ಶನ್ ಲ್ಯಾಬೋರೇಟರಿನಲ್ಲಿ (JPL) ತಯಾರಿಸಿದರು. ಚಿತ್ರ 12 & 13 ರಲ್ಲಿ ಮರ್ಕೊ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–12: ಮಾರ್ಕೋ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ ವಿವರವಾದ ನೋಟ

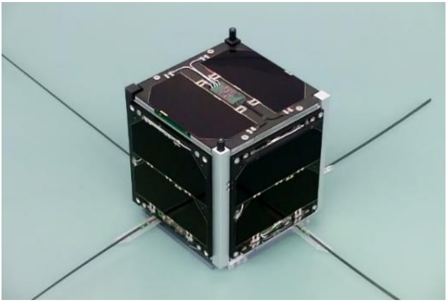


ಚಿತ್ರ–13: ಕಲಾವಿದನ ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಮಂಗಳಗ್ರಹ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಕೋ ಎ & ಬಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು

6.2. ಫನ್ ಕ್ಯೂಬ್–1 (Funcube-1):

ಇದು ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ 1ಯು ಕ್ಯೂಬ್ ಸ್ಯಾಟಾಗಿದೆ. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಗುರಿಯು ಮಕ್ಕಳು ಮತ್ತು ಯುವಕರಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ, ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ಮಾಡಲು ಉತ್ಸಾಹ ತುಂಬುವುದು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಣ ನೀಡುವುದು. ಈ ಉಪಗ್ರಹ ರೇಖಿಯ ಟ್ರಾನ್ಸ್‌ಪಾಂಡರ್ (Linear transponder) ಅನ್ನೋ ಕಮ್ಯುನಿಕೇಶನ್ ಪೇಲೋಡನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಿಸಿದವರು ಹ್ಯಾಮ್‌ಸ್ಯಾಟ್– ಯು. ಕೆ. (AMSAT- UK). ಫನ್‌ಕ್ಯೂಬ್ ತರಂಗಾಂತರ 145 ಮೆಗಾಹರ್ಟ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ ದೂರಮಾಪನ ದಾರಿದೀಪ (Telemetry Beacon) ಸಂಕೇತವನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಭೂಮಿಗೆ ರವಾನಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಚಿತ್ರ 15ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಫನ್‌ಕ್ಯೂಬ್ ಡೋಂಗಲನ್ನು ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ನ ಯು.ಎಸ್.ಬಿ. ಪೋರ್ಟ್‌ಗೆ ಜೋಡಿಸಿ ಸ್ವೀಕರಿಸಬಹುದು. ಈ ಉಪಗ್ರಹವು ವಸ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪೇಲೋಡನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ, ಇದರ ದೂರಮಾಪನ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿ, ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಅದೇ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ

ಮಾಡಿದ ವಸ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ಮಕ್ಕಳು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಬಹುದು. ಚಿತ್ರ 14ರಲ್ಲಿ ಫನ್ ಕ್ಯೂಬ್–1ರ ಬಿಂಬವನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ–14: ಫನ್‌ಕ್ಯೂಬ್–1 ಉಪಗ್ರಹ

ಚಿತ್ರ–15: ಫನ್‌ಕ್ಯೂಬ್–1ರ ಡೋಂಗಲ್‌ಗೆ ಆಂಟೆನಾ ಮತ್ತು ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ನ ಜೋಡಿಸಿದ ರಚನೆ

6.3. ಡೌ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್:

ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಸುಮಾರು 4 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ.ತೂಕ ಹೊಂದಿದ್ದು, ಇವು ಭೂಪ್ರದೇಶಗಳ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಸೆರೆಹಿಡಿಯುತ್ತವೆ. ಈ ಬಿಂಬಗಳ ಪೃಥಕ್ಕರಣ (Resolution) 3 ರಿಂದ 5 ಮೀಟರ್. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ನಿಯಮಿತ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗಿಂತ 1000 ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಭೂಮಿಯ ಬಿಂಬ ತೆಗೆಯುವುದರಲ್ಲಿ (Imaging) ನಿಯಮಿತ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೇ ಹೊಂದಿವೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪ್ಲಾನೆಟ್ ಲ್ಯಾಬ್ಸ್ ಕಂಪೆನಿಯು ತಯಾರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ತೆಗೆಯುವ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಪರಿಸರ, ಅರಣ್ಯ, ವ್ಯವಸಾಯ, ರಕ್ಷಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಹಾಗೂ ಬರ ಪರಿಹಾರ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ದಿನನಿತ್ಯದ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. 200ಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಡೌ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ಗಳು ಉಡಾವಣೆಯಾಗಿದ್ದು, ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಪುಂಜವು ಭೂಮಿಯ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ನೋಟವನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ದಿನನಿತ್ಯ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 16 ಮತ್ತು 17ರಲ್ಲಿ ಡೌ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್‌ನ್ನು ಮತ್ತು ಅದು ಸೆರೆಹಿಡಿದ ಒಂದು ಬಿಂಬವನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಚಿತ್ರ–16: ಡೌ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್

ಚಿತ್ರ–17: ಟರ್ಕಿ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಭೂಕಂಪವಾದ ಪ್ರದೇಶದ ಬಿಂಬವನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದ ಡೌ ಕ್ಯೂಬ್‌ಸ್ಯಾಟ್

7. ಉಪಸಂಹಾರ

ನ್ಯಾನೊಸ್ಯಾಟ್‌ಲೈಟ್‌ಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನರಿಗೆ ಊಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಶಾಲೆಗಳು, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು,ಚಿಕ್ಕ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಹೀಗೆ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಕೈಗೆಟುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ.

ಔದ್ಯಮಿಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಚಲನವನ್ನೇ ಮಾಡಿದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಮಾರುಕಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಅನೇಕ ಸಿದ್ಧವಾದ (COTS) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಬಿಡಿ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುವುದರಿಂದ ತಯಾರಿಕ ವೆಚ್ಚವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆ.

ಇವುಗಳ ಬಳಕೆ ದೂರಸಂವೇದನಕ್ಕೆ ಅಲ್ಲದೆ, ಈಗ ಜಾಲತಾಣಗಳು, ಜಿ.ಪಿ.ಎಸ್. ಹಾಗೂ ಮೊಬೈಲ್ ಸಂಪರ್ಕ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೂ ಸಹ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿದೆ.

ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ತಯಾರಿಯಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವವರಿಗೆ ಅನೇಕ ಜಾಲತಾಣಗಳು ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸದ ಒಪನ್ ಸೋರ್ಸ್‌ನ ತಾಣಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

- https://pycubed.org/
- https://trajbrowser.arc.nasa.gov/

- https://sourceforge.net/projects/gmat/
- https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/mitigation/debris-assessment-software.html
- https://naif.jpl.nasa.gov/naif/toolkit.html
- https://nasa.github.io/openmct/getting-started/
- https://software.nasa.gov/software/MFS-33187-2
- https://software.nasa.gov/software/GSC-18399-1
- https://github.com/nasa/COTS-Star-Tracker
- https://github.com/MIT-STARLab/SPRINT
- https://blogs.nasa.gov/smallsatellites/
- https://alen.space/nanosatellite-services/

ಟಿಪ್ಪಣಿ

ಟಿಪ್ಪಣಿ

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 ಸಾಹೂ
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		ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಸಮಿತಿ	
ರಾಮನಗೌಡ ವಿ ನಾಡಗೌಡ	..ಅಧ್ಯಕ್ಷರು	ಶ್ರೇಯಲಾ ರತ್ನಾಕರ್	..ಅಧ್ಯಕ್ಷರು
ಸುರೇಶಕುಮಾರ್ ಹೆಚ್ ಎನ್		ವಿಠಲ್ ಮೇತ್ರಿ	
ಉಷಾ ಬಂಡಿವಾಡ್		ಸತ್ಯನಾರಾಯಣ ಪಿ	
ಶಿವಪ್ರಕಾಶ ಬಿ		ಶ್ರೀರಾಮ್ ಕೆ ಎಸ್	
ರಮೇಶ ನಾಯ್ಡು ವಿ		ಸಂಜೀವ್ ಕುಮಾರ್ ಕೆ ಎಸ್.	
ಶ್ರೀನಿವಾಸ ಪ್ರಸಾದ್ ಕೆ		ಕಟ್ಟಿಮನಿ ಎಸ್ ಎಂ	
ಜಯಸಿಂಹ ಪಿ		ಮಾಲತಿ ಎಸ್	
ವಿಠಲ್ ಮೇತ್ರಿ		ಪ್ರಶಾಂತ್ ಡಿ. ಬಾಗಲಕೋಟ್	
ಜಗದೀಶ ಬಾಬು ಬಿ ಎಸ್		ಪ್ರಸಾದ್ ಬಿ ಎಸ್	
ಮುರಳೀಧರ ಕೆ ವಿ		ವಾಸುದೇವಮೂರ್ತಿ ಸಿ ಎನ್	
ಉಮಾ ಬಿ ಆರ್		ಪ್ರಶಾಂತ್ ಎ ಆರ್	
ಡಾ. ನಾಗೇಂದ್ರ ಬೆ ರಾ		ಸುರೇಶ್ ಎಂ. ಹೆಬ್ಬಳ್ಳಿ	
ಆನಂದ ಎಸ್		ಸೌರಭ್ ಗುಪ್ತ	
ಚಂದ್ರಿಕಾ ಜಿ ಎಲ್		ಚಂದ್ರಿಕಾ ಜಿ ಎಲ್	
ಪ್ರಿಯಾಂಕ ವಿ		ನಳಿನಿ ಇ ಕೆ	
ಸೌಭಾಗ್ಯ	..ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ	ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್	..ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ

ಶ್ರೀಮತಿ ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್ ರವರು ಎನ್. ಐ. ಇ. ಮೈಸೂರು ಇಲ್ಲಿ ಬಿ.ಇ. ಶಿಕ್ಷಣ ಪಡೆದು, 2000ನೇ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೊ ಸಂಸ್ಥೆ ಸೇರಿದರು. ಇವರು ಅನೇಕ ದೂರಸಂಪರ್ಕ, ದೂರಸಂವೇದಿ ಹಾಗೂ ನಾವಿಕ್ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಪ್ರೊಜೆಕ್ಟ್ ಮ್ಯಾನೆಜರ್, ಡೆಪ್ಯುಟಿ ಪ್ರೊಜೆಕ್ಟ್ ಡೈರೆಕ್ಟರ್ ಆಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಬಂಧಿತ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಇವರು ಅನೇಕ ತಾಂತ್ರಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಬರೆದಿದ್ದಾರೆ.

ಶ್ರೀ ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ವಿ ವರು ಯು.ವಿ.ಸಿ.ಇ. ಬೆಂಗಳೂರು ಇಲ್ಲಿ ಬಿ.ಇ. ಶಿಕ್ಷಣ ಪಡೆದು, 2016ರಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೊ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸೇವೆಯನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರು. ಇವರು ಮೈಕ್ರೊ-ಸ್ಯಾಟ್, ಕಾರ್ಟೊ-ಸ್ಯಾಟ್, ಇ.ಎಮ್.ಐ, ಚಂದ್ರಯಾನ-3 ಉಪಗ್ರಹ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ.