ರೋವರ್‌ಗಳ ಸ್ವರೂಪ, ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಸಂರಚನೆ

ವೆಂಕಟೇಶ್ ಪ್ರಸಾದ್ ಹೆಚ್ ಎ, ಶಿವಾನಂದ ಮ ಕಮತ, ಕೊಟ್ರೇಶ ಮಲ್ಲಿಕಾರ್ಜುನಯ್ಯ
ಸಂರಚನಾ ಸಮೂಹ, ಇಸ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು, ೫೬೦೦೧೭, ಕರ್ನಾಟಕ
ಮಿಂಚಂಚೆ: vpras@isac.gov.in, smkamat@isac.gov.in, kotreshm@isac.gov.in

೧. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಕುತೂಹಲವೆನ್ನುವುದು ಮಾನವನ ಸಹಜ ಗುಣ. ತನ್ನ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವ ಹಾಗು ಕಾಣದ ವಸ್ತುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯುವುದು ಅವನ ಮೂಲ ಸ್ವಭಾವ, ಅದರಂತೆ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯೂ ಕೂಡ. ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಭೂಪ್ರಳಯದಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾನವಕುಲದ ಅಳಿವು ಉಳಿವು ಕೂಡ ಅನ್ಯಗ್ರಹದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯೊಂದಿಗೆ ಹೆಣೆದುಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಾಗಿ ಮಾನವ ಮೊದಲು ಅವಲಂಬಿತನಾಗಿದ್ದು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ, ತದನಂತರದಲ್ಲಿ ತಾನೆ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ಕಳುಹಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ. ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಲ್ಲಿ ಈ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಯಂತ್ರಗಳು ಅತಿ ಚಿಕ್ಕವಸ್ತುಗಳು. ಆದರೆ ಈ ಯಂತ್ರಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲವು. ಈ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನಾಧರಿಸಿ ಮಾನವನು ತನ್ನ ಒಂದೊಂದೇ ಹೆಜ್ಜೆಯನ್ನು ಬೃಹದಾಕಾರವಾಗಿ ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತಾ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದತ್ತ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಯಂತ್ರವನ್ನೇ ನಾವು ರೋವರ್ (ಉರುಳು ಬಂಡಿ) ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು. ಈ ರೋವರ್‌ಗಳನ್ನು ತನ್ನ ರಕ್ಷಣಾ ಕವಚದಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು, ಅನ್ಯಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ಮೇಲೆ ಕೊಂಡೊಯ್ದು ಇಳಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಧನವೇ ಲ್ಯಾಂಡರ್(Lander) (ಸ್ಪರ್ಶ ವಾಹನ/ಇಳಿಯಂತ್ರ). ಈ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದು ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರ. ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎದುರಾಗುವ ಸಮಸ್ಯೆಯೇನೆಂದರೆ ಗ್ರಹದ ವಾತಾವರಣ, ದೂರಸಂಪರ್ಕ ಸೇತುವೆ, ಚಲಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವ ಇಂಧನ/ವಿದ್ಯುತ್ಶಕ್ತಿ, ಬಹಳ ಹಗುರವಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಲಭ್ಯತೆ, ಇತ್ಯಾದಿ.

ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಸಂರಚನೆ ಕಾರ್ಯವು ಬಹಳ ಸವಾಲಾದ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ರೋವರ್‌ಗಳ ಸಂರಚನೆಯ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ರೂಪಿಸುವಾಗ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ ಪ್ರಮುಖ ತಾಂತ್ರಿಕ ಅಂಶಗಳು, ಇತರ ಗ್ರಹಗಳ ವಾತಾವರಣಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ ಸವಾಲುಗಳು ಹಾಗು ಮುಂದಿರುವ ವಿವಿಧ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಲಾಗಿದೆ.

೨. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ರೋವರ್‌ಗಳ ಪಾತ್ರ / ರೋವರ್‌ನ ಅವಶ್ಯಕತೆ

ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಬಹು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವ ರೋವರ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಪ್ರಮುಖ ಮೈಲಿಗಲ್ಲು. ಈ ರೋವರ್‌ಗಳು ಕೇವಲ ಉರುಳು ಬಂಡಿ ಮಾತ್ರವೆ ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ / ಸಂಕೀರ್ಣ ಸ್ವಯಂಚಾಲಿತ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೋವರ್ ಯಂತ್ರಗಳು ಇತರ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಿ ಅಲ್ಲಿರುವ ವಿಶಾಲವಾದ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಭೂಮಿಗೆ ಕಳುಹಿಸುತ್ತವೆ. ಅದಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ರೋವರ್‌ಗಳು, ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಕಲ್ಲು, ಮಣ್ಣನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ಅದಲ್ಲಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕಳುಹಿಸಬಲ್ಲವು. ಈ ಮಾದರಿ ಮಣ್ಣಿನಿಂದ ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ಖನಿಜಗಳ ಬಗ್ಗೆ, ಅಲ್ಲಿನ ಭೌಗೋಳಿಕ ವಾತಾವರಣ, ಪರಿಸರ ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ/ನಶಿಸಿಹೋದ ಜೀವಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಮಾನವನು ಅಲ್ಲಿಗೆ ಹೋಗಿ ವಾಸಿಸಲು ಅನುಕೂಲಕರ ಪರಿಸರದ ಇರುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಲು ರೋವರ್‌ಗಳು ತಮ್ಮೊಂದಿಗೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಕೆಲವು ಪೂರ್ವನಿರ್ಧರಿತ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಅವು ಗ್ರಹಗಳ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲೇ ನಡೆಸಿ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ರವಾನಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ರೋವರ್ ಚಲಿಸುವ ಗ್ರಹಗಳ ಪರಿಸರಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಂತಿರಬೇಕು. ಅದರಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಯಂತ್ರಗಳು ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಲ್ಲದೇ ಈ ವಾಹನಗಳು ಯಾವುದೇ ಸಮಯದಲ್ಲೂ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಳುಹಿಸುವ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು(signals) ಸ್ವೀಕರಿಸುವಂತಿರಬೇಕು. ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಮಾಹಿತಿ ದೊರಕಿಸಬಲ್ಲ ರೋವರ್‌ಗಳ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಬಹುಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ತಯಾರಿಕೆಯ ವೆಚ್ಚ ಅತ್ಯಂತ ದುಬಾರಿ. ನಾಸಾ(NASA) ಸಂಸ್ಥೆ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ "ಮಾರ್ಸ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪ್ಲೋರೇಷನ್ ರೋವರ್"ನ್ನು (Mars Exploration Rover) ಚಿತ್ರ–೧ ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಚಿತ್ರ–೧: ನಾಸಾದ "ಮಾರ್ಸ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪ್ಲೋರೇಷನ್" ರೋವರ್

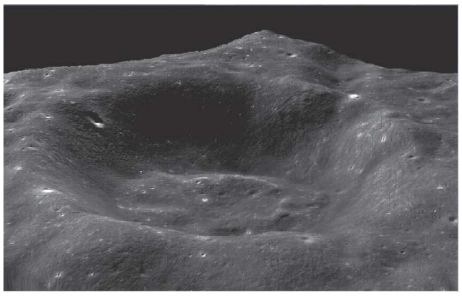
ಉರುಳು ಬಂಡಿಗಳನ್ನು ಯಾವ ಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉದ್ದೇಶವಿದೆಯೋ, ಅದಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಮುಂದಿನ ಯೋಜನೆಯು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಉರುಳು ಬಂಡಿಯನ್ನು ನಿಯುಕ್ತಗೊಳಿಸುವುದಾದರಿಂದ, ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಉರುಳು ಬಂಡಿಗಳು ಎದುರಿಸುವ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

೩. ಚಂದ್ರನ ವಾತಾವರಣ ಮತ್ತು ರೋವರ್ ವಿನ್ಯಾಸದ ಮೇಲೆ ಅದರ ಪ್ರಭಾವ

ಚಂದ್ರನ ಸುತ್ತಲೂ ಯಾವುದೇ ವಾತಾವರಣ ಅಥವಾ ಆಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಅನ್ಯ ಕ್ಷುದ್ರ ಗ್ರಹಗಳು, ಧೂಮಕೇತುಗಳ ಹೊಡೆತದಿಂದ, ಸೂರ್ಯನ ಹಾಗು ಕಾಸ್ಮಿಕ್(cosmic) ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಸೆಳೆತದ ಪ್ರಭಾವ ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರದ ಅಲೆಗಳ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಚಂದ್ರನ ವಾತಾವರಣವು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಅತೀ ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆಯೆಂದರೆ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು. ಇವು ಮೈಕ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗಿಂತಲೂ(Microns) ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದು, ಶೇ. ೩೦ ಸಿಲಿಕಾನ್(Silicon), ಶೇ. ೪೦ ಆಮ್ಲಜನಕ, ಶೇ. ೧೦ ಸತುವಿನಿಂದ(Zinc) ಕೂಡಿದ್ದು, ರೋವರ್‌ನ ಮೇಲ್ಮೈ ತಾಂತ್ರಿಕ ಭಾಗಗಳು ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಹಾಳು ಮಾಡಬಲ್ಲವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿನ ಸ್ಥಾಯಿವಿದ್ಯುತ್(electro static) ಕಣಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ಅವಾಹಕಗಳ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುತ್ತವೆ. ಈ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹರಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಚಂದ್ರನ ಉಷ್ಣತೆಯು ಅತೀ ದೀರ್ಘಕಾಲದ್ದಾಗಿದ್ದು, ಅದೇ ರೀತಿ ಅತೀ ಶೀತದಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ರೋವರ್ ಸುತ್ತಲಿನ ಉಷ್ಣತೆಯು ಸೂರ್ಯನ ನೇರಕಿರಣಗಳಿಂದ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಚಂದ್ರನಕಿರಣಗಳಿಂದ (albedo flux) ಮತ್ತು ಅತಿನೇರಳೆ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣತೆಯು + ೧೨೦° ಸೆಂ. ನಿಂದ –೧೫೦° ಸೆಂ. ವರೆಗೂ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ, ಇದರಿಂದಾಗಿ ರೋವರ್ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕವಾದ, ಅತೀ ಉಷ್ಣದಲ್ಲಿ, ಅತೀ ಶೀತದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ನಡುವೆಯೂ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ತಾಂತ್ರಿಕತೆಯ ಅವಶ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಅದೇ ರೀತಿ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿನ ನಿರ್ವಾತ ಪರಿಸರದಿಂದಾಗಿ ದ್ಯುತೀಯ ಉಪಕರಣಗಳು(optical instruments) ಹೊರಗಿನ ನೇರಳೆ ಕಿರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಹಾಳಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೆಚ್ಚು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ರೀತಿಯ ನಿರ್ವಹಣೆಗಾಗಿ ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್(organic), ಆರ್ಗ್ಯನೋಮೆಟಾಲಿಕ್(organo-metallic), ಆರ್ಗ್ಯನೋ–ಸಿಲೇನ್(organo-silane) ಮತ್ತು ಪೊಲಿಮರ್(polymer) ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳಿಂದ (composite materials) ಮಾಡಿರುವ ರಕ್ಷಾಕವಚವು ಅತೀ ನೇರಳೆ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ರಕ್ಷಿಸಲು ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಊಹಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ಏಕೆಂದರೆ ಆಗಿಂದಾಗ್ಗೆ ಕ್ಷುದ್ರ ಗ್ರಹಗಳ ಮತ್ತು ಧೂಮಕೇತುಗಳ ದಾಳಿಯಿಂದಾಗಿ ಆಳವಾದ ಕುಳಿಗಳು(ಚಿತ್ರ–೨) ಹಾಗು ದಿಣ್ಣೆ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ದುಸ್ತರವಾದ ಮೇಲ್ಮೈ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ರೋವರ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಸಂರಚನೆ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸವಾಲೇ ಸರಿ.



ಚಿತ್ರ–೨: ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈನಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಕುಳಿಗಳು.

೪. ರೋವರ್‌ಗಳ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ವ್ಯವಸ್ಥೆ

ರೋವರ್‌ಗಳನ್ನು ಅನ್ಯಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಲು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಮೂರು ಘಟಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

೧. ರೋವರ್‌ನ್ನು ತನ್ನ ಒಡಲಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡ ಲ್ಯಾಂಡರ್(Lander),

೨. ಲ್ಯಾಂಡರ್‌ನ್ನು ಹೊತ್ತ ಆರ್ಬಿಟರ್(Orbiter) (ಅನ್ಯಗ್ರಹಾನ್ವೇಶಿ ಉಪಗ್ರಹ) ಮತ್ತು

೩. ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನ(Launch Vehicle).

ಆರ್ಬಿಟರ್ ಮತ್ತು ರೋವರ್‌ನ್ನು ಹೊತ್ತ ಲ್ಯಾಂಡರ್‌ನ್ನು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಅನ್ಯಗ್ರಹ ತಲುಪುವ ಉಪಗ್ರಹ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಅನ್ಯಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆಗೆ ತಲುಪಿದ ನಂತರ ಆರ್ಬಿಟರ್‌ನಿಂದ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಪೂರ್ವ ನಿರ್ಧರಿತ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ತದನಂತರ, ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಒಡಲಲ್ಲಿದ್ದ ರೋವರ್ ಹೊರಬಂದು ಅನ್ಯಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುತ್ತ ತನ್ನ ಅನ್ವೇಷಣಾ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ.

೫. ರೋವರ್‌ನ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು

ಅನ್ಯಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಕೊಳ್ಳುವ ಯಾವುದೇ ರೋವರ್ ಅದು ನಿರ್ವಹಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಪ್ರಮುಖ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

೧. ಸಂರಚನೆ (Structures)

೨. ಸಂಯಂತ್ರ(Mechanisms)

೩. ಉಷ್ಣೀಯ ನಿರ್ವಹಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Thermal Management System)

೪. ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Power Systems)

೫. ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Communication Systems)

೬. ಅನ್ವೇಷಣಾ ಉಪಕರಣಗಳು (Payloads) (ಕ್ಯಾಮೆರಾ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ.)

೬. ರೋವರ್‌ಗಳ ಸಂರಚನೆ

ಸಂರಚನೆಯು ರೋವರ್‌ಗಳ ಬೆನ್ನೆಲಬು ಇದ್ದ ಹಾಗೆ. ಈ ಸಂರಚನೆಯು ರೋವರ್‌ಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಆಕಾರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ರೋವರ್‌ಗಳ ಯಾವುದೇ ಬಿಡಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುವಂತಿರಬೇಕು. ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ –೧೫೦° ಸೆಂ. ನಿಂದ +೧೨೦° ಸೆಂ. ಉಷ್ಣತಾ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಹಾನಿಗೊಳಗಾಗದೆ, ಅಳಿಯದೆ ಉಳಿದು ಪೂರ್ಣಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕು. ಅಲ್ಲದೇ ರೋವರ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಬಿಡಿಭಾಗಗಳಾದ ಶಕ್ತಿಕೋಶ(Battery) ಮತ್ತು ಇತರೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರಕ್ಷಣೆ ನೀಡುವ ಕವಚವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಬೇಕು. ಉಬ್ಬು ತಗ್ಗುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಬರುವ ಯಾವುದೇ ತೆರನಾದ ಕಂಪನಗಳ ಗತಿಶೀಲ ಬಲಗಳಿಂದ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ರಕ್ಷಣೆ ನೀಡುವಂತಿರಬೇಕು. ಸಂರಚನೆಯು ಎಲ್ಲಾ ತೆರನಾದ ಪ್ರಘಾತಗಳನ್ನು ಸಹಿಸಿ ಯಾವುದೇ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಾದರೂ ಧೃಡತೆಯನ್ನು ಕಾಯ್ದುಕೊಂಡಿರಬೇಕು.

೭. ರೋವರ್‌ಗಳ ಸಂರಚನಾ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು

೧. ಸಂರಚನೆಯ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಆಕಾರ ಹಾರಿಸುವ/ಇಳಿಸುವ ವಾಹನದೊಳಗಿರುವ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹೊಂದುವಂತಿರಬೇಕು.

೨. ಸಂರಚನೆಯು ಸಧೃಢ, ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ, ಸ್ಥಿರ ಮತ್ತು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಹಗುರವಾಗಿರಬೇಕು.

೩. ಸಂರಚನೆಯು ಉಡಾವಣಾ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಕಕ್ಷಾವಧಿಯಲ್ಲಿ, ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಇಳಿಯುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ರೋವರ್ ಚಲಿಸುವಾಗ ಬರುವ ಅಸ್ಥಾಯಿ (Dynamic) ಮತ್ತು ಸ್ಥಾಯಿ (static) ಬಲಗಳನ್ನು ತಡೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದಿರಬೆಕು.

೪. ಯೋಜನೆಗನುಸಾರವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಬಗೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡಬೇಕು.

೫. ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ಉಷ್ಣ/ಶೀತ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಬದುಕುಳಿಯಲು ಕಾರ್ಯದಕ್ಷತೆ ಹೊಂದಿರಬೇಕು

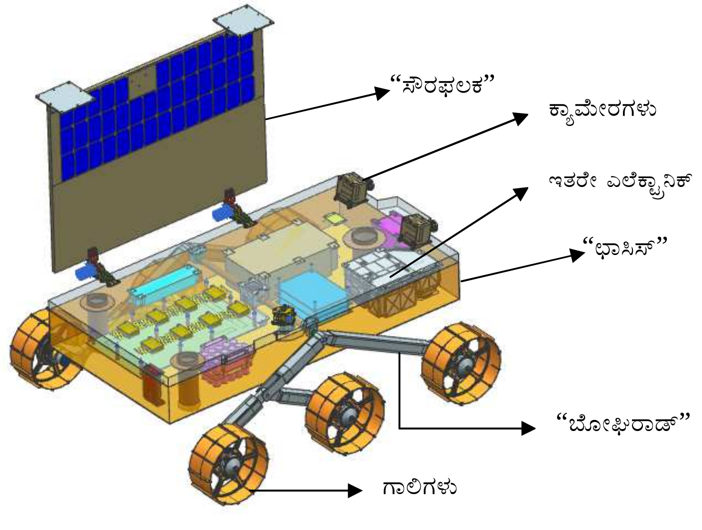
೬. ಹೊಸದಾಗಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದಿದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ನವನವೀಕೃತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಮಿಳಿತಗೊಂಡು ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುವಂತಹ ವಿನ್ಯಾಸವಿರಬೇಕು.

೭. ಸಂರಚನೆಯು ಸುಲಭ ಮತ್ತು ಸುಲಲಿತವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತಿರಬೇಕು.

೮. ಸಂರಚನೆಯು ಧೂಳು ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಸಂಭವಿಸುವ ಸವೆತ ಮತ್ತು ಪ್ರಘಾತವನ್ನು ತಡೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದಿರಬೇಕು.

೮. ನಮ್ಮ ಭಾರತದ "ರೋವರ್"

ತನ್ನ ಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲೇ, "ಚಂದ್ರಯಾನ–೧" ಅನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಗೊಳಿಸಿದ ಇಸ್ರೋ (ISRO) ಸಂಸ್ಥೆಯು "ಚಂದ್ರಯಾನ–೨" ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಉನ್ನತ ಧ್ಯೇಯೋದ್ದೇಶದಿಂದ ಕೈಗೆತ್ತಿಕೊಂಡಿದೆ. ಈ ಯೋಜನೆಯ ಮುಖಾಂತರ ಭಾರತವು ಸ್ವದೇಶಿ ನಿರ್ಮಿತ ರೋವರನ್ನು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುವ ಮಹದಾಸೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ನಮ್ಮ ರೋವರ್ (ಚಿತ್ರ–೨) ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಈ ರೋವರ್ ಸತತ ೧೫ ದಿನಗಳ ಕಾಲ ಚಂದ್ರನ ಉಬ್ಬು–ತಗ್ಗುಗಳ ದುಸ್ತರ ಪ್ರದೇಶದ ಮೇಲೆ ವಿಪರೀತ ವಾತಾವರಣದ ಮಧ್ಯೆ ತ್ರಿವಿಕ್ರಮನಂತೆ ಓಡಾಡಿಕೊಂಡು ತನಗೆ ವಹಿಸಿಕೊಟ್ಟಿರುವ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಅದರ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಅದೇ ರೀತಿ ಎಲ್ಲಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಚಂದ್ರನ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ



ಚಿತ್ರ–೩: ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಲು ಭಾರತದ ರೋವರ್‌ನ ಕಲ್ಪನೆ

ಕ್ಯಾಮೆರಗಳು, ಆಂಟೆನ್ನಾಗಳು(antenna) ಮತ್ತು ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು ಹೋಗುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದಿರುವದು. ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಸರಾಗವಾಗಿ ಚಲಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಚಕ್ರಗಳ ಜೋಡಣೆಗೆ ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಸಂರಚನೆಯ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ರಚನೆಯನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ತೂಕದ ಅಳತೆಗಳು ಲ್ಯಾಂಡರ್ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಾಗುವ ಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಚಂದ್ರಯಾನ–೨ ಉಪಗ್ರಹದ ಉಡಾವಣೆಯಾಗುವ ಮತ್ತು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಇಳಿಯುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅಸ್ಥಾಯಿ / ಸ್ಥಾಯಿ ಬಲಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ಎದುರಿಸಿ, ಅದು ಹೊತ್ತುಕೊಂಡಿರುವ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯಾದ ಹಾನಿಯಾಗದಂತೆ ಜೋಪಾನವಾಗಿ ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ.

ನಮ್ಮ ರೋವರ್ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

೧. ಮುಖ್ಯ ಅಡಿಗಟ್ಟು (chassis)

೨. ಸೌರಫಲಕ

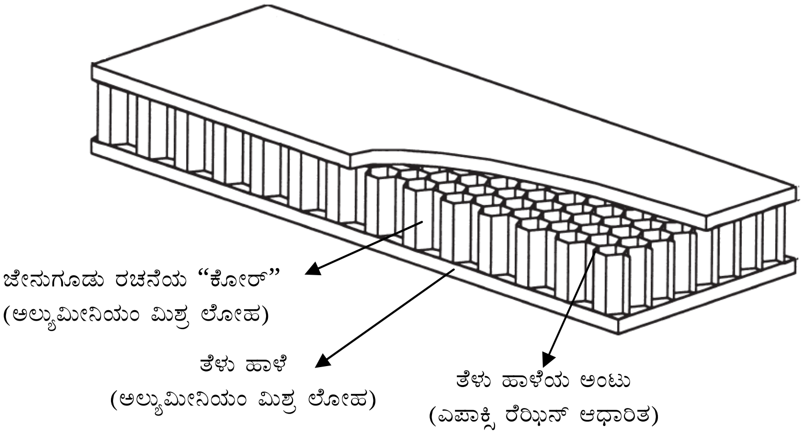
೩. ಚಕ್ರಗಳು

೪. ಚಕ್ರಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯ ಚಾಸಿಸ್‌ಗೆ ಜೋಡಿಸುವ "ಬೋಗಿ ಕೊಳವೆ"(bogie rod) ಮತ್ತು ಅಚ್ಚು(axle).

೫. ಚಲನೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಯಂತ್ರಗಳು ಮತ್ತು "ಡಿಫೆರೆನ್ಶಿಯಲ್ ಗೀಯರ್ ಬಾಕ್ಸ್"(differential gear box).

೬. ಆಂಟೆನ್ನಾಗೆ ಆಧಾರ ಕೊಡುವ ಬ್ರ್ಯಾಕೆಟ್‌ಗಳು(brackets)

ರೋವರ್‌ಗೆ ಮುಖ್ಯ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ "ಚಾಸಿಸ್" ಅನ್ನು ಅಲ್ಯುಮಿನೀಯಂ ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್(sandwich)ನಂತಹ ರಚನೆಯಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಚಿತ್ರ–೩ ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ ಫಲಕವನ್ನು ಅಲ್ಯುಮಿನೀಯಂ ತೆಳು ಹಾಳೆಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಜೇನುಗೂಡಿನಂತಹ ರಚನೆಯುಳ್ಳ ಆಂತರ್ಯವನ್ನು(core) ಎಪಾಕ್ಸಿ(epoxy) ಅಂಟಿನಿಂದ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ತೆರನಾದ ರಚನೆಯು ಹಗುರವಾಗಿದ್ದು, ಘನ ಫಲಕಗಳ ರಚನೆಗೆ ಸರಿ ಸಮನಾಗಿ ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬಲಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ದೃಢವಾಗಿ ತನ್ನ ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರವನ್ನು ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಲ ವಾತಾವರಣದಿಂದಾಗುವ ಉಷ್ಣತೆಯ ಹೊಡೆತವನ್ನು ಸಹಿಸಿ ತನ್ನ ನಿಗದಿತ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಾಖವನ್ನು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಪಸರಿಸಿ ಉಪಕರಣಗಳ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ನಿಗದಿತ ಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಯ್ದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಅಡೆತಡೆಯಾಗದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು. ರೋವರ್‌ನ ಸಂರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಲೋಹದ ಜೊತೆಗೆ ಇನ್ನಿತರ ಸಮ್ಮಿಶ್ರ ಲೋಹಗಳಾದ ಟೈಟಾನಿಯಂ(Titanium), ಇನ್ವಾರ್(Invar), ಇತ್ಯಾದಿ ಲೋಹಗಳು ಮತ್ತು ಅಲೋಹಗಳಾದ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಘಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇಂಗಾಲದ ಎಳೆಗಳಿಂದ(carbon fibres) ತಯಾರಾದ ಹಗುರವಾದ, ದೃಢವಾದ ಹೆಚ್ಚು ಭಾರ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು (composite materials) ಅವಶ್ಯಕತೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ಬೇಕಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಈ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಹಾಳೆಗಳ ಬದಲಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣೀಯ ವಾಹಕತೆಯು ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂಗಿಂತ ತುಂಬಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣ ಹೊರಸೂಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಜೋಡಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.



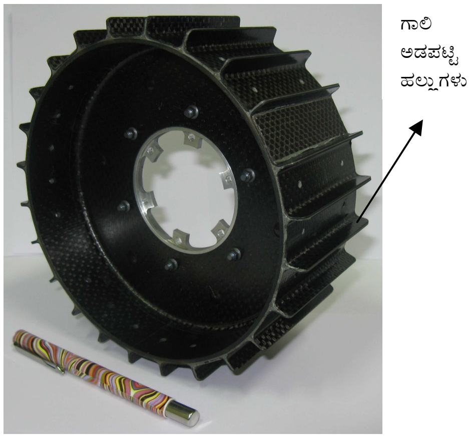
ಚಿತ್ರ–೪: ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ ರಚನೆ

ಚಿತ್ರ–೫: ಅಲ್ಯುಮೀನಿಯಂ ಮಿಶ್ರ ಲೋಹದಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ರೋವರ್ ಗಾಲಿ

ಸೌರಫಲಕವು ಜೇನುಗೂಡಿನಂತಿರುವ ಅಲ್ಯುಮೀನಿಯಂ ಕೋರನ್ನು ಇಂಗಾಲ ತಂತುಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದರಗಳ ಮಧ್ಯೆ ತೆಳುವಾದ ಹಾಳೆಯಂತಿರುವ ಅಂಟಿನಿಂದ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ಇಂಗಾಲದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಅತ್ಯದ್ಭುತ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ

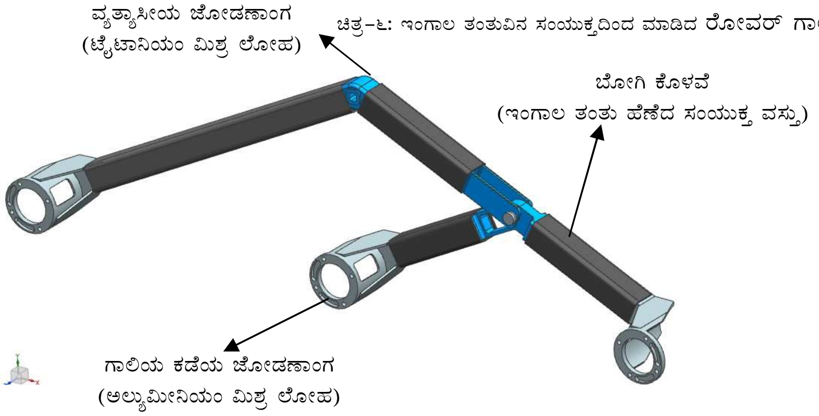
ಒಂದು. ಇವುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ಅತೀ ಕಡಿಮೆ ಅಂದರೆ ೧.೭೭ ಗ್ರಾಂ/ಘ. ಸೆಂ. ಮೀ ನಷ್ಟು ಅಲ್ಲದೆ ಇವುಗಳ ಬಾಗು ದೃಢತೆ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಮಿಶ್ರ ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಗಮನಾರ್ಹ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳ ಉಷ್ಣೀಯ ವ್ಯಾಕೋಚನ ಗಣಕವು (Co-efficient of Thermal Expansion) ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರ ಇರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಶಾಖೀಯ ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರ ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ ಸೌರಫಲಕಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳ ಉಷ್ಣೀಯವಾಹಕತೆ ತೀರಾ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಸಮಯೋಚಿತವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಇಂಗಾಲದ ತಂತು ಸಂಯುಕ್ತ ಪದರುಗಳ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸೌರಕೋಶಗಳನ್ನು ಅಂಟಿಸಲಾಗುವದು.

ರೋವರ್‌ನ ಪ್ರಮುಖ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಲಿಯೂ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದು. ಈ ಗಾಲಿಗಳು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಕಲ್ಲು ಮಣ್ಣಿನ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಸತತವಾಗಿ ಒಳಗಾಗುತ್ತವೆ. ರೋವರ್‌ಗಳು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ೪/೬/೮ ಗಾಲಿಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಗಾಲಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಜಾಸ್ತಿಯಾದಂತೆ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಿರತೆ(stability) ಚೆನ್ನಾಗಿ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ರೋವರ್‌ಗಳ ಸ್ಥಿರತೆ, ಅಸಮತಟ್ಟಾದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಲು ಬಹಳ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ. ರೋವರ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯಾವಧಿ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬು ಮತ್ತು ತಗ್ಗುಗಳನ್ನು ದಾಟಿ ಹೋಗಬೇಕಾಗಿರುವ ಅನಿವಾರ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ ಗಾಲಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರವು ಚಾಸಿಸ್‌ನ ಗಾತ್ರಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಗಾಲಿಗಳನ್ನು ಅಲ್ಯುಮೀನಿಯಂ ಮಿಶ್ರಲೋಹದಿಂದ (ಚಿತ್ರ–೪) ಅಥವಾ ಇಂಗಾಲದ ತಂತು ಸಂಯುಕ್ತ ಪದರುಗಳಿಂದಲೂ ತಯಾರಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ (ಚಿತ್ರ–೫). ಈ ಮೇಲಿನ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಇಂಗಾಲದ ತಂತು ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಗಾಲಿಗಳು ದೃಢವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಗಾಲಿಗಳ ಮಣ್ಣಿನೊಂದಿಗಿನ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಮತ್ತು ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಜಾರುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು ಗಾಲಿಗಳ ವೃತ್ತೀಯ ಹೊರ ಮೇಲ್ಮೈನಲ್ಲಿ ಅಡ್ಡ ಹಲ್ಲುಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು(grousers) ಜೋಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಅಡ್ಡ ಹಲ್ಲು ಪಟ್ಟಿಗಳ ಆಕಾರವು ಇಂಗ್ಲಿಷ್‌ನ 'ಸಿ' ಅಕ್ಷರದಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ.

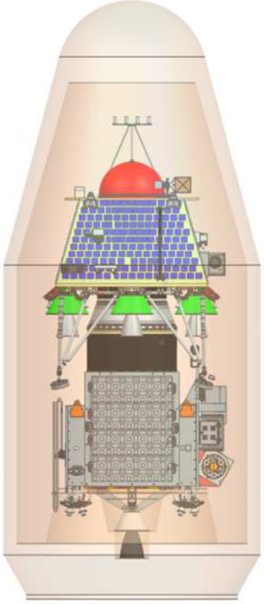


ಚಿತ್ರ–೬: ಇಂಗಾಲ ತಂತುವಿನ ಸಂಯುಕ್ತದಿಂದ ಮಾಡಿದ ರೋವರ್ ಗಾಲಿ

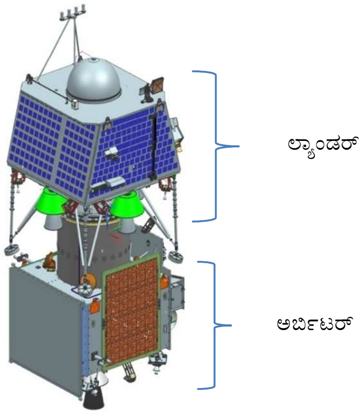
ಈ ಗಾಲಿಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಾರೆಯಾಗಿ ಹಿಡಿದಿಟ್ಟು ಚಾಸಿಸ್ ಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವ ಭಾಗವೇ "ಬೋಗಿ ಕೊಳವೆ" (ಬೋಗಿ ರಾಡ್) (ಚಿತ್ರ–೭). ಈ ತರಹದ ಬೋಗಿರಾಡನ್ನು ರೋವರ್‌ನ ಎರಡೂ ಬದಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡೂ ಭೋಗಿರಾಡ್‌ಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಚಾಸಿಸ್‌ಗೆ ಜೋಡಿಸಲು ಅಚ್ಚನ್ನು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಗಾಲಿಗಳ ತಿರುಗುವಿಕೆಯನ್ನು ರೋವರ್‌ನ ಚಲನೆಗೆ ಅನುವುಮಾಡಿ ಕೊಡುವುದಲ್ಲದೆ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಡಿಫೆರೆನ್ಶಿಯಲ್ ಗೀಯರ್ ಬಾಕ್ಸ್‌ನ(differential gear box) ಸಹಾಯದಿಂದ ರೋವರ್‌ಗೆ ತನ್ನ ಪಥದ ದಿಕ್ಕು ಬದಲಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಭಾಗದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವಿನ್ಯಾಸವೂ ಸಹ ಮುಖ್ಯ ಚಾಸಿಸ್ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ತಕ್ಕುದಾದ ದೃಢತೆ, ಸ್ಥಿರತೆ ಮತ್ತು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ರೋವರ್ ಚಲನೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಪ್ರಘಾತದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೀರಿ ಚಾಸಿಸ್‌ಗೆ ಸುರಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.



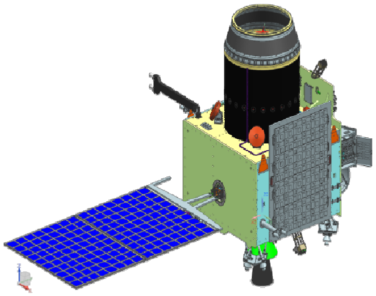
ಚಿತ್ರ–೭: ಬೋಗಿ ರಾಡ್



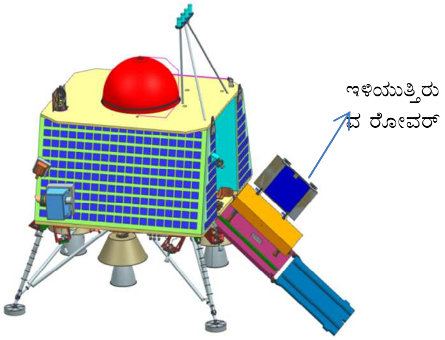
ಚಿತ್ರ-೮(ಅ): ಉಡಾವಣ ವಾಹನದಲ್ಲಿ ಮಡಚಿಟ್ಟ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಮತ್ತು ಆರ್ಬಿಟರ್‌ನ ಕಲ್ಪನೆ.



ಚಿತ್ರ-೮(ಆ): ಚಂದ್ರನ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಮತ್ತು ಆರ್ಬಿಟರ್‌ನ ಸಂಯೋಜಿತ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕಲ್ಪನೆ.



ಚಿತ್ರ-೮(ಇ): ಆರ್ಬಿಟರ್‌ನ ಕಲ್ಪನೆ (ಲ್ಯಾಂಡರ್‌ನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದ ಮೇಲೆ)



ಚಿತ್ರ-೮(ಈ): ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈನಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್‌ನಿಂದ ರೋವರ್ ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವ ಕಲ್ಪನೆ

ಚಿತ್ರ-೮: "ಚಂದ್ರಯಾನ-೨" ಉಡಾವಣೆಯಿಂದ ರೋವರ್ ಪಾದಾರ್ಪಣೆವರೆಗಿನ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಚಿತ್ರಮಾಲೆ

೯. ಭವಿಷ್ಯದ ರೋವರ್‌ಗಳ ಕಲ್ಪನೆ: ಕ್ಯಾಟರ್‌ಪಿಲ್ಲರ್‌ನಿಂದ ಪಾತರಗಿತ್ತಿಯವರೆಗೆ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಾಚೆಗೆ ಹಾರುವ ರೊಬೋಟಿಕ್ ಹೆಲಿಕಾಪ್ಟರ್

ಪ್ರಚಲಿತದಲ್ಲಿರುವ ತಾಂತ್ರಿಕತೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ರಚಿತವಾದ ರೋವರ್‌ಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅಲೆದಾಡಿ ಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬಲ್ಲವು. ಆದರೆ ಪೂರ್ಣ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ತಿರುಗಾಡಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಶತಮಾನಗಳೇ ಬೇಕಾಗಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ರೋವರ್‌ಗಳ ಈ ನಿಧಾನ ಗತಿಯ ಕ್ಯಾಟರ್‌ಪಿಲ್ಲರ್ ನಡಿಗೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕು. ಯಾವ ರೀತಿ ಕ್ಯಾಟರ್‌ಪಿಲ್ಲರ್ ಪಾತರಗಿತ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡಾಗುವುದೋ ಅದೇ ತೆರನಾಗಿ ಸದ್ಯದ ಚಲಿಸುವ ರೋವರ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಹಾರುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗುವ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇತರೆ ಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ಮುಂಚೂಣಿಯಲ್ಲಿರುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆಗಳು ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ

ಕೆಲವೊಂದು ಅಧ್ಯಯನಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ವಾತಾವರಣ ಹೊಂದಿರುವ ಮಂಗಳ ಗ್ರಹದಂತಹ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ತೇಲಾಡಿ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಮಾಡುವ ಪಾತರಗಿತ್ತಿಯಂತಹ ರೊಬೋಟಿಕ್ ಹೆಲಿಕಾಪ್ಟರ್‌ಗಳ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ನಾಸಾ ಕೈಗೊಂಡಿದೆ. ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿ ವಾತಾವರಣವಿಲ್ಲದ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳಲ್ಲೂ ಸಹ ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ನೋದಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದಿಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗಿ ಜೋಡಿ ರೋವರ್‌ಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಮಾತೃ ರೋವರ್ ಜೊತೆಗೆ ಶಿಶು ರೋವರ್‌ಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದು. ಈ ಶಿಶು ರೋವರ್‌ಗಳು ಮಾತೃ ರೋವರನ್ನು ಕೇಂದ್ರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಹಾರಾಡಿಕೊಂಡು ಗ್ರಹದ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದಾಗಿದೆ. ಈ ತೆರನಾದ ಯಂತ್ರಗಳು ಅಲ್ಲಿಂದಿಲ್ಲಿಗೆ ಹಾರಬಲ್ಲವಾಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತಹ ಹಗುರವಾದ, ಬಹುಕಾರ್ಯಶೀಲ, ಬಳುಕುವ(flexible), ಜಾಣ-ವಸ್ತುಗಳಿಂದ(smart materials) ರಚಿತವಾದ ಸಂರಚನೆಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲು ಇನ್ನೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ.

೧೦. ಉಪಸಂಹಾರ

ರೋವರ್‌ಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯಶೀಲತೆ ಆ ದೇಶದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಗತಿಯ ಸಂಕೇತವೆನ್ನುವಷ್ಟು ಜಾಗತಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಬಿಂಬಿತವಾಗಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಭಾಸವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಈ ರೀತಿಯ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಅಳತೆಗೋಲಾಗಿಸಿರುವುದು ಕೂಡ ಅಷ್ಟೇ ಸರಿ. ಕಾರಣ, ಈ ರೋವರ್‌ಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಸಂಕೀರ್ಣತೆ, ಅವು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಕಠಿಣ ಪರಿಸರ, ಉಬ್ಬು-ತಗ್ಗುಗಳುಳ್ಳ ದುರ್ಗಮ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸದಾ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರಬೇಕಾದ ಅನಿವಾರ್ಯತೆ, ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕೆ ಸವಾಲೆನಿಸುವ ದೂರ, ಇಷ್ಟಾಗ್ಯು ಉಡಾಯಿಸಿದ ರೋವರ್‌ಗಳಲ್ಲಿನ ಕಾರ್ಯಶೀಲತೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆ, ಇತ್ಯಾದಿ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಭಾರತವೂ ಸಹ ರೋವರ್‌ಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಕಡೆಗೆ ದಾಪುಗಾಲು ಹಾಕುತ್ತಿರುವುದು ಸಂತಸದ ವಿಷಯವೇ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ರೋವರ್‌ಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯಲ್ಲಿ ಸಂರಚನೆಯ ಪಾತ್ರ, ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ . ಇದಕ್ಕೆ ಪೂರಕವಾಗುವಂತೆ ರೋವರ್‌ಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ವಾತಾವರಣ ಮತ್ತು ಪರಿಸರದ ಬಗ್ಗೆ ದೊರಕಿದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ ಸರಳೀಕರಣಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸಂರಚನೆಯ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಲೇಬೇಕಾದ ಅಂಶಗಳು, ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಬಳಸುವ ವಸ್ತುಗಳು, ಅವುಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯತೆ ಮುಂತಾದ ಇನ್ನಿತರ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಭಾರತವು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುತ್ತಿರುವ ರೋವರನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನಾಗಿಸಿಕೊಂಡು ಅದರ ಆಕಾರ, ಗಾತ್ರ, ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಸಂರಚನೆಯ ಪ್ರಮುಖ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಅವಶ್ಯವಿದ್ದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ ಸಹಿತ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಭಾರತವು "ಚಂದ್ರಯಾನ -೧"ನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಗೊಳಿಸಿದಂತೆ, ತನ್ನದೇ ಆದ ರೋವರನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿ "ಚಂದ್ರಯಾನ-೨" ಮುಖಾಂತರ ಚಂದ್ರ ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ರೋವರ್‌ಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಚಲಾಯಿಸಲಿ ಎಂದು ಆಶಿಸೋಣ.

೧೧. ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು

ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಬರೆಯಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದ ನಮ್ಮ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಾದ ಶ್ರೀ ವಿಮನ್ ಸಿಂಗ್ ಮಾರ್ವಲ್ ಮತ್ತು ಶ್ರೀ ಮಣಿ ಕೆ. ಎಂ. ಅವರಿಗೆ ನಾವು ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತೇವೆ.

೧೨. ಗ್ರಂಥ ಋಣ

೧. Exploration Rovers Concepts and Development Challenges, James J. Zakrajsek et. al, NASA/TM-2005-213555

೨. Internal documents of Structures Group, ISAC.