ಚಂದಿರನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಮತ್ತು ರೋವರ್

ಹರ್ಷವರ್ಧನ್.ಜೆ, ರಾಜೀವ್.ಆರ್.ಬಡಗಂಡಿ, ಜಯಂತಿ ರಾಜೇಶ್,

ಎಸ್.ಎಸ್. ಕುಮಾರ್, ವಿ.ಕೆ.ಹರಿಹರನ್

ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಅನುಕಲನ ಸಮೂಹ, ಇಸ್ರೊ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು.

ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ಮನುಜ ಪುಟ್ಟ ಹೆಜ್ಜೆಯನ್ನಿಟ್ಟು ಜುಲೈ೨೦, ೨೦೧೬ಕ್ಕೆ, ೪೭ ವರ್ಷಗಳು ಕಳೆದಿವೆ. ನೀಲ್ ಆರ್ಮ್ ಸ್ಟ್ರಾಂಗ್ ನಂತರ ಹಲವು ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳು ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಮೂಲಕ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿಳಿದಿದ್ದಾರೆ. ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಅನ್ನು ಕೇಂದ್ರ ಸ್ಥಳವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮಾನವ ಸಹಿತ ಮತ್ತು ಮಾನವ ರಹಿತವಾದ (ಭೂಮಿಯಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ) ರೋವರ್‌ನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸುತ್ತ ಮುತ್ತಲಿನ ನಿರ್ಧಿಷ್ಟ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸಂಚರಿಸಿ ಚಂದಿರನ ಆ ಪ್ರದೇಶದ ಮೇಲ್ಮೈ ಪದರದ ಸಂರಚನೆ ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿಯ ವಾತಾವರಣದ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೂ ಕೂಡ ಚಂದಿರನು ಇಂದಿಗೂ ಕುತೂಹಲಗಳ ಆಗರ. ಬಗೆದಷ್ಟು ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳು ಹೊರಬರುತ್ತಲೇ ಇವೆ, ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳು ಸಿಗುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ಚಂದಿರನ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನೇ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಒಂದು ಶಾಶ್ವತವಾದ ಮಾನವ ಆವಾಸಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕು! ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಸಂಚರಿಸಿದಂತೆ ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ವಾಹನದಲ್ಲಿ ಸಂಚರಿಸಬೇಕು! ಎಂಬುದು ಮಾನವನ ಬಹು ದಶಕಗಳ ಕನಸು. ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ಧೀರ್ಘ ಕಾಲ ಇರಲು ಸಹಾಯವಾಗುವಂತಹ ಒಂದು ಆವಾಸ ಸ್ಥಾನದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಜೀವ ತುಂಬುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಬಂದಿವೆ. ಧನಾತ್ಮಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನ ಭಂಡಾರವನ್ನು ಶ್ರೀಮಂತ ಗೊಳಿಸುತ್ತ ಕನಸಿಗೆ ಮೂರ್ತ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಕೊಡುವತ್ತ ಸಾಗುತ್ತಿವೆ.

ಚಂದಿರನ ಧೃವ ಪ್ರದೇಶದ ಕುಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಮನುಜನ ವಾಸಕ್ಕೆ ಯೋಗ್ಯವಾದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ನೀರಿನ ಇರುವಿಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಹುವಾಗಿ ನಂಬಿದ್ದಾರೆ. ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕನ್ನೇ ಕಂಡಿರದ, ಕೇವಲ ೧೦೦ ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್ ನಷ್ಟು ತಾಪಮಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತಹ, ಮಾನವನ ಆವಾಸಸ್ಥಾನದ ರಚನೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಅಗತ್ಯಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರಬಹುದಾದಂತಹ ಈ ಆಳವಾದ ಧೃವೀಯ ಕುಳಿ–ಕಂದಕಗಳ (ಉದಾ. ಶ್ಯಾಕ್ಲಥಾನ್ ಕ್ರೇಟರ್) ಮೇಲ್ಮೈ ವಾತಾವರಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರವು ತುಂಬ ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರವಾಗಿರುವಂತೆಯೂ, ಪರಿಸರವು ಇತರೆಡೆಗಳಿಗಿಂತ ವಿಭಿನ್ನ ವಾಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಸೌರಮಾರುತದ ಪ್ರಭಾವ ಗರಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೂ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಗೋಚರಿಸುತ್ತಿದೆ. ಇದರ ಸಂಪೂರ್ಣ ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಅಲ್ಲಿಗೆ ಹೋಗಬೇಕು, ನಮ್ಮ ರೋವರ್ ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸಂಚರಿಸ ಬೇಕು. ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ವಾತಾವರಣ ಮತ್ತು ಮೇಲ್ಮೈ ಪದರದ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬೇಕು. ಆಗಷ್ಟೇ ಹೀಗಿರಬಹುದು ಎಂಬ ನಮ್ಮ ಊಹೆಯನ್ನು ತೊರೆದು ಹೀಗಿದೆ ಎಂದು ಖಚಿತವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯ.

ಪ್ರಸ್ತುತ ನಮ್ಮ ಭೂಕೇಂದ್ರಿತ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ನಾವು ಊಹಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆ ಸೌರಮಾರುತದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಂದಿರನ ಮೇಲ್ಮೈ ಮತ್ತು ಧೃವೀಯ ಕಂದಕ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಗಿಂತ ವಿಶಿಷ್ಟ–ವಿಭಿನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರವಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿರಬಹುದು? ಈ ವಿಶೇಷವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಭೂಮಿಕೆಯೇನು? ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಇಳಿದರೆ, ರೋವರ್ ಚಲಿಸಿದರೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳು, ಭೂಮಿಗಿಂತ ವಿಭಿನ್ನ ಮೇಲ್ಪದರದ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಚಂದಿರನ ರೆಗೋಲಿತ್‌ನ* ಭಾಗವಾಗಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕ–ಚಿಕ್ಕ (ಕೇವಲ ಕೆಲವೊಂದು ಮೈಕ್ರಾನ್‌ನಷ್ಟಿವೆ) ಮತ್ತು ಬಿಡಿ–ಬಿಡಿ ಯಾಗಿರುವ, ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು (Electric charge) ಹೊಂದಿರುವ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್/ರೋವರ್‌ನ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗಬಹುದಾದ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ತೊಡಕೇನು? ಹಿಂದಿನ ಅಭಿಯಾನಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವಂತೆ ಭೂಮಿಗಿಂತ ವಿಭಿನ್ನ ಸಂರಚನೆ ಹೊಂದಿರುವ ಚಂದಿರನ ನೆಲದ ಮೇಲ್ಪದರ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ವಿಸರ್ಜನೆಗೆ ಅಗತ್ಯಾನುಸಾರವಾಗಿ ಅನುವುಮಾಡಿಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ? ರೋವರ್ ಚಂದಿರನ ರೆಗೊಲಿತ್ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಿದಾಗ, ರೋವರ್‌ನ ಚಕ್ರ ಮತ್ತು ನೆಲದ ಮೇಲ್ಪದರದ ಕಣಗಳ ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ, ರೋವರ್‌ನ ಚಕ್ರದ ಮೇಲೆ ಶೇಖರಣೆಗೊಳ್ಳುವ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವೇಷಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಗೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ವಾತಾವರಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರ ಹೇಗೆ ಭೂಮಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಹಾಯ ಮಾಡಬಹುದು? ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳ ಕೊರತೆ ಇರುವ ನಮ್ಮ ಅತ್ಯಾಸಕ್ತಿಯ ಅತ್ಯಂತ ಆಳವಾದ ಧೃವೀಯ ಕಂದಕ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಿಸರ್ಜನೆಗೆ ಇರುವ ತೊಡಕೇನು? ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತಡೆಯಲು ನಮ್ಮ ರೋವರ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ವಹಿಸಬಹುದಾದ ಮುಂಜಾಗರೂಕತಾ ಕ್ರಮಗಳೇನು? ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಈ ಲೇಖನದ ಮೂಲಕ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಹೊರತರಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ.

*(ಚಂದಿರನ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬಾಂಗಲ್ಲು/ಉಲ್ಕೆಗಳ ಬಡಿಯುವಿಕೆಯಿಂದ (ಮೀಟಿಯರಾಯಿಟ್ ಇಂಪ್ಯಾಕ್ಟ್) ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಕಲ್ಲು, ಕನಿಜಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ, ಭೂಮಿಯ ಜ್ವಾಲಾಮುಖಿಗಳಿಂದ ಹೊರಬಂದ ಬೂದಿಯನ್ನು ಹೋಲುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಪದರವನ್ನು ಒಟ್ಟಾರೆಯಾಗಿ ರೆಗೋಲಿತ್ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.)

೧. ಸೂರ್ಯ...ಸೌರಮಾರುತ...ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರ...ಮತ್ತು ಅ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್...

೧.೧ ಸೌರಮಾರುತ

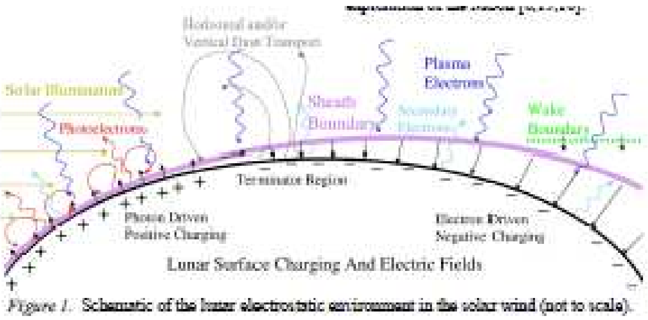
ಸೌರ ಮಾರುತ ಎಂದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸೂರ್ಯನ ಭೂಮಧ್ಯ ರೇಖೆ (Equator) ಅಥವಾ ಕೆಲವೊಂದು ವಿಶೇಷ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ಧೃವೀಯ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಗಂಟೆಗೆ ಅಂದಾಜು ೪೦೦ ರಿಂದ ೬೦೦ ಕಿ.ಮೀ ನಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಆಗಿರುವ ಮಾರುತ.

೧.೨ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಚಂದಿರನ ವಾತಾವರಣದ ವಿವಿಧತೆ..

ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಗೆ ಕಾಂತೀಯ ಗೋಳದ ಒಂದು ರಕ್ಷಾ ಕವಚವಿದೆ. ಇದು ಸೌರ ಮಾರುತದಲ್ಲಿರುವ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳು ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರವಣದ ಒಳಹೊಕ್ಕದಂತೆ ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ವಾತಾವರಣವು ಸಹ ಒಂದು ಸೋಸುಕದಂತೆ (Filter) ವರ್ತಿಸಿ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಅತಿನೇರಳೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಜರಡಿ ಹಿಡಿದು ಅಲೆ–ಸಾಲಿನ (Spectrum) ಇತರೆ ಕಿರಣಗಳು ಮಾತ್ರ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಚಂದಿರನಿಗೆ ಈ ರೀತಿಯ ರಕ್ಷಾ ಕವಚಗಳಿಲ್ಲ. ಅತಿನೇರಳೆ, ಕ್ಷ–ಕಿರಣ, ಮತ್ತು ಸೌರಮಾರುತದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳಾದ – ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಅಯಾನು ಚಂದಿರನ ಮೇಲ್ಪದರದ ನೆಲವನ್ನು ಯಾವುದೇ ತಡೆ ಇಲ್ಲದೆ ತಲುಪುತ್ತವೆ.

೧.೩ ಚಂದಿರನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರ ರಚನೆಯಾಗುವ ಪರಿ..



ಚಿತ್ರ ೧.೦ ಸೌರ ಮಾರುತದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಚಂದಿರನ ಮೇಲಿರುವ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರ

ಅತಿ ನೇರಳೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ಚಂದಿರನ ಮೇಲ್ಪದರದ ನೆಲ ಮತ್ತು ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳಿಗೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದಾಗ ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಫೋಟೋ–ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಹೊರಹೊಮ್ಮುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯಾಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ/ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಚಂದಿರನ ಈ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ, ಅತಿ ನೇರಳೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಭಾವ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದು, ನೆಲವು ಧನಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳಿಂದ ಭರಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಧನಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಈ ಪ್ರದೇಶದಿಂದಲೇ ಹೊರಬಂದ ಫೋಟೋ–ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಪದರ ನೆಲದಿಂದ ಸುಮಾರು ೧ ರಿಂದ ೨ ಮೀಟರ್‌ವರೆಗೆ ಹರಡಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು "ಫೋಟೋ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶೀತ್" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತರೆ. ಈ ಪದರವು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಚಂದಿರನ ಈ ಭಾಗದ ನೆಲವು ಸೌರಮಾರುತಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಧನಾತ್ಮಕವಾದ ಪೊಟೆನ್ಷಿಯಲ್ ಅನ್ನು ವೃದ್ಧಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಕತ್ತಲೆಯಿಂದ ಕೂಡಿರುವ, ಸೂರ್ಯನ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇರುವ ಚಂದಿರನ ಪಾರ್ಶ್ವದ ನೆಲವನ್ನು ಅತಿನೇರಳೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ತಲುಪಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಈ ಪಾರ್ಶ್ವದ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಆವೃತವಾಗಿ ನೆಲವು ಋಣಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳಿಂದ ಭರಿತವಾಗಿ, ಸೌರ ಮಾರುತಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅಂದಾಜು –೨೦೦ ವೋಲ್ಟ್‌ನಷ್ಟು ಋಣಾತ್ಮಕ ಪೊಟೆನ್ಶಿಯಲ್ ಅನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಋಣಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವಂತೆ ಸುಮಾರು ೧ ಕಿ.ಮೀ ನಷ್ಟು ಎತ್ತರದವರೆಗೂ ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಹರಡಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಒಂದು ಅಯಾನು ಹೊದಿಕೆ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು "ಡಿಬೈ ಶೀತ್" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಚಂದ್ರನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯಂತೆ ವಿವಿಧ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ವಾತಾವರಣ ಇಲ್ಲದೇ ಇರುವುದರಿಂದ, ಗಾಳಿಯ ಬೀಸುವಿಕೆ ಇಲ್ಲದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಮೇಲ್ಪದರ/ರೆಗೊಲಿತ್‌ನ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಬಿಡಿ ಕಣಗಳು (ಧೂಳು ಎನ್ನಬಹುದು) ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿ ಚಲನೆಯಿಲ್ಲದ ಇರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಕತ್ತಲಿನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಋಣಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ನೆಲದಂತೆಯೇ

ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳೂ ಸಹ ಋಣಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಚಂದಿರನ ನೆಲ ಮತ್ತು ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಸಮಾನ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ಶೇಖರಣೆ ಆಗುವುದರಿಂದ, ನೆಲವು ಹೆಚ್ಚಿನ (–೨೦೦ ವೋಲ್ಟ್ ನಷ್ಟು) ಋಣಾತ್ಮಕ ಪೊಟೆನ್ಶಿಯಲ್ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ಗಾತ್ರ/ತೂಕ ತುಂಬ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದು ಬಿಡಿ–ಬಿಡಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಏರ್ಪಡುವ ಬೇರ್ಪಡೆಯುವಿಕೆಯ ಬಲವು (Repulsive Force) ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ನೆಲದಿಂದ ಮೇಲೇಳುವಂತೆ, ತೇಲುತ್ತಿರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಮೇಲಿನ ಎರಡೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳನ್ನು ಇನ್ನೊಮ್ಮೆ ಅವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಕತ್ತಲೆ ಎರಡೂ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲೂ ಚಂದಿರನ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಹೊದಿಕೆಗಳಿದ್ದು, ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರದ ರಚನೆಯಾಗಿರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಗಿಂತ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುವ ಇಂತಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರವಿರುವ ಚಂದಿರನ ನೆಲದ ಮೇಲೆಯೇ (ಕತ್ತಲೆಯಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ತೇಲುತ್ತಿರುವ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ನಡುವೆಯೇ) ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಇಳಿಯಬೇಕು..! ರೋವರ್ ಚಲಿಸಬೇಕು..!

೧.೪ ಕಠಿಣವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್...

ಸೌರಮಾರುತಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಧನಾತ್ಮಕ ಅಥವಾ ಋಣಾತ್ಮಕ ಪೊಟೆನ್ಶಿಯಲ್ ಇಂದ ಕೂಡಿರುವ ಚಂದ್ರನ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್ (ಹಗಲು–ಇರುಳು ಯಾವುದಾದರೂ ಸಂದರ್ಭ ಆಗಿರಬಹುದು) ಯಾವುದೇ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದೆ ಸುಮ್ಮನೆ ನಿಂತಾಗ ಚಂದ್ರನ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಸೌರಮಾರುತದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾಕಣ, ಅತಿನೇರಳೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ಈ ಹಿಂದೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಬೀರುತ್ತವೆ ಎಂದು ವಿವರಿಸಿದ್ದೆವೋ ಅಂತಹುದೇ ರೀತಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಸುತ್ತಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್‌ನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿರಿಸಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವಂತೆ ಸೌರಮಾರುತಕ್ಕಿಂತ ಬಿನ್ನವಾದ ಪೊಟೆನ್ಶಿಯಲ್ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್‌ನ ಮೇಲ್ಮೈ ಸುತ್ತ ಚಂದಿರನ ನೆಲದಂತೆಯೇ ಸ್ಥಳೀಯವಾದ ಸಣ್ಣಪ್ರಮಾಣದ "ಫೋಟೋ–ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶೀತ್" ಅಥವಾ "ಡಿಬೈ ಶೀತ್" ನಂತಹ ಹೊದಿಕೆಗಳು ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

೨ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಚಂದಿರನ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ಪ್ರಭಾವ...

ಸೂರ್ಯನ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಚಂದಿರನ ಕತ್ತಲೆಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ನೆಲದಿಂದ ಮೇಲೇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದ್ದನ್ನು ಈ ಹಿಂದೆ ವಿವರಿಸಿದ್ದೆವು. ಈ ಋಣಾತ್ಮಕ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್‌ಗಳಿಗೆ ತಗುಲಿದಾಗ/ಬಡಿದಾಗ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್‌ಗೆ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆಗೇ ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು ಸಹ ವರ್ಗಾಯಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಆಕಾರ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಕಣಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನೀರಿನ ಅಥವಾ ಆಕ್ಸೈಡ್ ನ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಯಿಸಿ ತಮ್ಮ ಮೂಲ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ತಟಸ್ಥವಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ತಮ್ಮ ಮೂಲ ರೂಪದಲ್ಲೇ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕವಾಗಿರುವ (ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ) ಈ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್‌ನ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಬಳಸಿರುವ ವಸ್ತುಗಳೊಂದಿಗೆ(ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಲೋಹದ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ) ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಬೆರೆತು ಅವುಗಳ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ ಗುಣ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇ ಬದಲು ಮಾಡಬಹುದು. ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್‌ನ ಸೌರಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉಪಕರಣ – ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಚಾಕ್ಷುಷ (Optical) ಉಪಕರಣಗಳ ಮಸೂರ ಅಥವಾ ಕನ್ನಡಿಯ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಂಡು ಉಪಕರಣಗಳ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕುಂದಿಸಲೂಬಹುದು.

೨.೧ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಎಂದರೇನು ?

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಥವಾ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. (ವಿದ್ಯುತ್ ಇನ್ನಾವುದೆ ಧನಾತ್ಮಕ/ಋಣಾತ್ಮಕ ಆವೇಶಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹವೂ ಆಗಿರಬಹುದು.) ಲೋಹಗಳು ಉತ್ತಮ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳು. ಬೇರೆಡೆಗಳಿಂದ ಬಂದ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಭರಿತ ಕಣಗಳು ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಸಮಾನವಾಗಿ ಹರಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಇರ್ಮಿಂತುದಿ (Di-electric) ಅಥವಾ ಮಿನ್ನಡಕ(Insulator)ಗಳ ಮೇಲೆ ಶೇಖರವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಹರಡಿದಂತೆ ಸಮನಾಗಿ ಹರಡುವುದಿಲ್ಲ ಬದಲಿಗೆ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೇ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೆ "ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಪರಾಮರ್ಶ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ (Reference point) ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಲೋಹದಲ್ಲೂ ಬಾಹ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಆವೇಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹಣೆಯಾದಾಗ ಆ ಲೋಹವೂ ಒಟ್ಟಾರೆಯಾಗಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ಸಂಗ್ರಹಣೆಗೆ ಒಂದು ಜಾಗ ಆಗಬಹುದು.

ಆವೇಶಗಳ ಶೇಖರಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ಕ್ಷೇತ್ರ (Static electric field) ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಹಬ್ಬುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ರಚನೆಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ ಒಂದು ಗರಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟವನ್ನು (ಪರಾಮರ್ಶ ಬಿಂದುವಿಗೆ ತುಲನೆ ಮಾಡಿದರೆ) ತಲುಪಿದಾಗ,

ಆವೇಶಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಗೆ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಗ ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಇರ್ಮಿಂತುದಿಯ ಮುರಿಯುವಿಕೆಯ (di-electric breakdown) ಮೂಲಕ ಪರಮರ್ಶ ಬಿಂದುವಿಗೆ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಗುತ್ತದೆ. (ಉದಾ. ಮಿಂಚು – ಹೆಚ್ಚಿನ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವೇಶಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಮೋಡದಿಂದ ಭೂಮಿಗೆ (ರೆಫರೆನ್ಸ್ ಪಾಯಿಂಟ್) ಗಾಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ ಆಗುತ್ತದೆ.) ಇದೇ ರೀತಿ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಉಪಕರಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಮಗ್ರ ಮಂಡಲ ಬಿಲ್ಲೆಗಳ (Integrated Circuit) ನಡುವೆ ನಡೆದಾಗ, ಬಿಲ್ಲೆಗಳು ಸುಟ್ಟುಹೋಗಿ ಆ ಉಪಕರಣದ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ತತ್‌ಕ್ಷಣ ಅಥವಾ ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ತಗ್ಗಬಹುದು. ಇದು ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಿಸರ್ಜನೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಆಗದಿದ್ದರೆ ಒದಗಬಹುದಾದ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ.

೩. ಘರ್ಷಣಾವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ಹುಟ್ಟುವಿಕೆ...

ಯಾವುದೇ ಎರಡು ವಿಭಿನ್ನ ತಟಸ್ಥ ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ಉಜ್ಜುವಿಕೆ ಅಥವಾ ಘರ್ಷಣೆ ಆದಾಗ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ತಟಸ್ಥ ವಸ್ತು ತನ್ನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಧನಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು ಪಡೆದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತು ತಟಸ್ಥ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಋಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ಘರ್ಷಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆವೇಶಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆ ಆಗುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು "ಘರ್ಷಣಾ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಹೊಂದುವಿಕೆ" (contact electrification and tribo electric charging) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

೩.೧ ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣಾವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ಹುಟ್ಟುವಿಕೆ...

ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ರೋವರ್ ಚಲಿಸಿದಾಗ, ರೋವರ್‌ನ ಚಕ್ರ ಮತ್ತು ಚಂದಿರನ ರೆಗೋಲಿತ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಉಜ್ಜುವಿಕೆ/ಘರ್ಷಣೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ರೋವರ್‌ನ ಚಕ್ರದ ಮೇಲೆ ಟ್ರೈಬೊ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಚಾರ್ಜಿಂಗ್ ನಿಯಮದ ಅನುಸಾರ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ಶೇಖರಣೆ ಆಗುವುದು. ಗಾಲಿ ಮತ್ತು ರೆಗೊಲಿತ್ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಘರ್ಷನೆಗೆ ಯಥೋಚಿತವಾಗಿ (ಪ್ರೊಪೋರ್ಶನಲ್) ಘರ್ಷಣೆಗೊಳಗಾದ ಆ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ಆವೇಶಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

೧. ರೋವರ್ ಚಲಿಸುವ ವೇಗ.

ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

೨. ರೋವರ್‌ನ ಗಾಲಿಯ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಬಳಸಿರುವ ವಸ್ತು.

ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಗುಣಲಕ್ಷಣ ಬೇರೆಯಾದಂತೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

-- ಈ ಎರಡೂ ಅಂಶಗಳು ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವಿನ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆಯ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ಸಂಗ್ರಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

೪ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ಪರಿಣಾಮ ಚಂದಿರನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿರಲು ಕಾರಣ...

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೂ ಈ ರೀತಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ನಮ್ಮ ದೈನಂದಿನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಲವು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸಂಗ್ರಹ ಆಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಕೂಡ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಹಲವು ಬಾರಿ ಇದು ನಮ್ಮ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ "ಛಾಪಿಸಿದ ಮಿನ್ಸುತ್ತು ಹಲಿಗೆ"ಯ (P.C.B – Printed Circuit Board) ಮೇಲಿರುವ "ಸಮಗ್ರ ಮಂಡಲ ಬಿಲ್ಲೆ" (IC - Integrated circuits)ಗಳಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ದೊಡ್ಡ, ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿದರೂ ನಮ್ಮ ಸಾಮಾನ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವಂತಹ ದೊಡ್ಡ ತೊಂದರೆಯಂತೆ ಕಾಣುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ನಾವು ನಡೆದಾಗ, ಓಡಿದಾಗ ಗಾಳಿಯೊಂದಿಗೆ, ನೆಲದೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆ ಆಗುತ್ತದೆ, ಆವೇಶಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆ ಅಗುತ್ತದೆ, ಆವೇಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹ ಮತ್ತು ವಿಸರ್ಜನೆ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರದಂತೆ ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣ ಭೂಮಿಯ ಪರಿಸರ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ ಒಂದು ಆವೇಶಗಳ ಭಂಡಾರದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಿ ತಟಸ್ಥವಾಗಿರಲು ಅಥವಾ ಸುತ್ತಲಿನ ವಸ್ತುಗಳೊಂದಿಗೆ ತಮ್ಮಲ್ಲಿರುವ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವೇಶಗಳನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಂಡು ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳು ಸಮಾನವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಲು (Equi-potential state) ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿರುವ (ಚಂದಿರನಮೇಲಿರದ) ಆರ್ದ್ರತೆ/ ತೇವಾಂಶದ ಮೂಲಕ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಆವೇಶಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ ಆಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುದಾವೇಶಗಳ ನಿರಂತರ ಸಂಗ್ರಹಣೆ ಆಗುವ, ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರಚನೆ ಆಗುವಂತಹ ಪ್ರಮೇಯ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒದಗಿ ಬರುವುದಿಲ್ಲ (ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ಒಣ ಹವೆಯಿಂದ ಕೂಡಿರುವಂತಹ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ, ಆವೇಶಗಳ ಶೇಖರಣೆಯ ಪರಿಣಮವಾಗಿ, ಸಾಮಾನ್ಯಕ್ಕಿಂತ, ತುಸು ಹೆಚ್ಚಾದ, ಅನುಭವಕ್ಕೆ ನಿಲುಕುವಂತಹ, ದುಷ್ಪಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತಹ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರಚನೆಯಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ).

೪.೧ ಚಂದಿರನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ವಿಸರ್ಜನೆ ನಡೆಯುವ ಪರಿ...

ಚಂದಿರನ ಮೇಲಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಭೂಮಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ತೇವಾಂಶದಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ವಾತಾವರಣವಿಲ್ಲ. ಚಂದಿರನ ರೆಗೊಲಿತ್ ಭೂಮಿಯ ನೆಲದ ಮೇಲ್ಮೈ ಹಾಸಿನಂತೆ ಇಲ್ಲ. ರೆಗೊಲಿಥ್ ಒಂದು ಅರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶ ೧೦೦೦ ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್‌ಯಿಂದ ೧೦೦ ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್‌ಗೆ ತಲುಪಿದಾಗ ರೆಗೊಲಿಥ್‌ನ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (ಕಂಡಕ್ಟಿವಿಟಿ) ೧೦^–೬(10^-6) ಯಿಂದ ೧೦^–೧೭(10^-17)ಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಕಾರಣಕ್ಕೆ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶದ ವಿಸರ್ಜನೆ ಚಂದಿರನ ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪಲು ತುಂಬಾ ಸಮಯ ಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿವಾತಾವರಣದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಅನುಕೂಲಕ್ಕೆ (ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲದ ಚಂದಿರನಲ್ಲಿರುವ) ಬರುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಆವೇಶಗಳ ಭಂಡಾರದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರದೇಶದ ಸ್ಥಳೀಯ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಒಂದು ಪರಾಮರ್ಶ ಬಿಂದುವಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಲ್ಯಾಂಡರ್/ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಆವೇಶಗಳನ್ನು ತಟಸ್ಥಗೊಳಿಸಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವಂತಹ, ತನ್ನ ಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿರುವ ಆವೇಶಗಳನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸಿ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಚಟುವಟಿಕೆಗಿಂತ ಮೊದಲಿನ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಲ್ಯಾಂಡರ್/ರೋವರ್ ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಕರಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ಕಡಿಮೆಯಾದಾಗ, ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತಿರುವ ಆವೇಶಗಳನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಕಣಗಳ ಲಭ್ಯತೆ ಇಲ್ಲವಾದಾಗ, ಆವೇಶಗಳು ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತಿರುವ ಗತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿ ವಿಸರ್ಜನಾಗತಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅಸಮತೋಲನ ಉಂಟಾದಾಗ, ನಿರಂತರ ಶೇಖರಣೆಯಾಗಿ – ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರಚನೆಯಾಗಿ ರೋವರ್‌ನ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವ ಸಮಗ್ರ ಮಂಡಲ ಬಿಲ್ಲೆಗಳ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ಪರಿಣಾಮವುಂಟಾಗಿ ಉಪಕರಣದ ಕಾರ್ಯ ಕ್ಷಮತೆಯ ಮೇಲೂ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ಹಾನಿಗೊಳಗಾದ ಉಪಕರಣ ಒಟ್ಟು ಅಭಿಯಾನದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವ ಉಪವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಇಡಿಯ ಅಭಿಯಾನವೇ ಯೋಜಿತ ಕಾರ್ಯಸಾಧನೆಗಿಂತ ಮುಂಚೆಯೇ ಅಂತ್ಯವಾಗಬಹುದು.

೫ ಚಂದಿರನ ನೆಲದಲ್ಲಿ ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವೇಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹಣೆಯನ್ನು ತಡೆಯಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಕ್ರಮಗಳು..

ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವೇಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹಣೆಗೆ ಅನುವುಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು ನದಿ ಮೂಲವನ್ನು ಹುಡುಕಿದಷ್ಟೇ ಕಠಿಣ ಕಾರ್ಯ. ಹೀಗಾಗಿ ನಾವು ನಿರ್ಧಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವಂತಹ, ಆವೇಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹಣೆಗೆ ಚಂದಿರನಲ್ಲಿ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುವಂತಹ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ತುಂಬ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಯೋಜಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಆವೇಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹಣೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿಡಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಕ್ರಮಗಳು –

೧. ರೋವರ್‌ನ ಚಲಿಸುವ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ವೇಳೆ ಆ ಪ್ರದೇಶದ ತತ್‌ಕ್ಷಣದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಸಾಂಧ್ರತೆ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಅ. ಉಷ್ಣಾಂಶ ಜಾಸ್ತಿ ಇದ್ದರೆ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಆವೇಶಗಳು ರೆಗೊಲಿತ್ ಅನ್ನು ತಲುಪುತ್ತವೆ.

ಆ.ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದರೆ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಆವೇಶಗಳನ್ನು ತಟಸ್ಥ ಗೊಳಿಸಲು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಸಹಕರಿಸುತ್ತದೆ.

ಇ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಸಾಂಧ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದರೆ ಯಾವ ತೊಂದರೆಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ರೋವರ್ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸಬಹುದು.

ಈ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಸಾಂಧ್ರತೆ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದರೆ, ರೋವರ್‌ನ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತ.

೨. ಚಂದಿರನ ರೆಗೊಲಿತ್ ಮೇಲೆ ರೋವರ್ ಚಲಿಸಲೇಬೇಕು. ರೆಗೊಲಿತ್‌ನ ರಚನೆ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಸಿಲಿಕ ಮತ್ತು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್ ಕಣಗಳಿಂದ ಆಗಿದೆ. ರೋವರ್‌ನ ಚಕ್ರವನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸುವಾಗ ಸಿಲಿಕ ಮತ್ತು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ ಕಣಗಳಿಗೆ ಘರ್ಷಣಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ (ಟ್ರೈಬೊ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಸೀರೀಸ್) ಹತ್ತಿರವಾದ ವಸ್ತುವನ್ನೇ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಬಳಸಿದರೆ ರೋವರ್ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಘರ್ಷಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಆವೇಶಗಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಹುದು.

೩. ರೋವರ್‌ನ ಚಕ್ರದ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ವಸ್ತು ಲೋಹದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತ. ಲೋಹದ ವಸ್ತುಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದೊಂದಿಗೆ ಮಿನ್ನಡಕಗಳಿಗಿಂತ (insulator) ವೇಗವಾಗಿ ಬೆರೆತು, ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಆವೇಶಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಕಡಿಮೆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ತಟಸ್ಥವಾಗುತ್ತವೆ.

೪. ರೋವರ್‌ನ ಗಾಲಿಯ ಅಳತೆ ದೊಡ್ಡದಿದ್ದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲ. ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡದಿದ್ದು ಲೋಹದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದೊಂದಿಗೆ ಬೆರೆತು ತಟಸ್ಥವಾಗಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಪ್ರದೇಶ ದೊರೆತು, ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ತಟಸ್ಥವಾಗಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲಮಿತಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

– ಮೇಲೆ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಿರುವ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಟ್ರೈಬೊ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ಕ್ಷಾರೀಯ ಲೋಹಗಳಾದ (alkaline earth metals) ಕ್ಯಾಲ್ಶಿಯಮ್ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಗ್ನೇಶಿಯಮ್ ವಸ್ತುಗಳು ರೋವರ್‌ನ ಗಾಲಿಯ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳಬಹುದಾದ ಸೂಕ್ತ ಅಭ್ಯರ್ಥಿಗಳು.

ಉಪಸಂಹಾರ:

ಮಾನವನ ಕುತೂಹಲಕ್ಕೆ, ಹೊಸದನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕೆನ್ನುವ ಜ್ಞಾನದ ಹಸಿವೆಗೆ ಕೊನೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ನಂತರ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಾಣುವ ಕಾಯ ಚಂದ್ರ. ಅನಾದಿಕಾಲದಿಂದಲೂ ಭೂವಾಸಿಗಳ ಆಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ತನ್ನೆಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಅಕಾಶ ಕಾಯ ನಮ್ಮ ಚಂದ್ರ. ೬೦ ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ಮೊದಲು ಕಾಲಿಡುವುದು ಪ್ರತಿಷ್ಠೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಇಂದು ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಶಾಶ್ವತ ನೆಲೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದು ವಿವಿಧ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಅವಶ್ಯಕತೆಯಾಗಿದೆ. ಚಂದಿರನ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುವ ಭೂನಿರ್ಮಿತ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ತಿಳಿದಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಷಯಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಮತ್ತು ರೋವರ್ ಅನ್ನು ಚಂದಿರನ ಅಂಗಳಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಲ್ಲಿನ ಪರಿಸರ ಭೂಮಿಗಿಂತ ಹೇಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ವಾತಾವರಣವು ನಮ್ಮ ಲ್ಯಾಂಡರ್–ರೋವರ್ ಮೇಲೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಬಹುದು, ರೋವರ್ ಚಂದಿರನ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗಬಹುದಾದ ಪರಿಣಾಮ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ತಡೆಯಲು ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಮಾರ್ಗೋಪಾಯಗಳನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಲೇಖನದ ಮೂಲಕ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಶಶಾಂಕನ ಮೇಲೆ ಲ್ಯಾಂಡರ್ ಇಳಿದು, ರೋವರ್ ದುರ್ಗಮ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಎಲ್ಲೆಡೆಯೂ ಚಲಿಸಿ, ಚಂದಿರನ ಬಗೆಗಿನ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನ ಸಂಪತ್ತನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ನಮ್ಮ ಶಾಶ್ವತ ನೆಲೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಕನಸಿಗೆ ನೀರೆರೆದು ಪೋಷಿಸಿ, ನನಸು ಮಾಡಲು ಬೇಕಾದಂತಹ ಅಗತ್ಯಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಲಿ ಎಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇವೆ.

ಗ್ರಂಥ ಋಣ:

1." *Lunar Surface Charging: A Global Perspective Using Lunar Prospector Data"-*
-Timothy j stubbs, Jasper S.Halekas,William.M.Farrell, Richard R Vondrak
Solar system exploration division NASA,GSFC,Green belt MD 20771,USA
Space science laboratory, UC Berkley CA94720,USA

2. "*The Discharging of Roving Objects in the Lunar Polar Regions"*
-T. L. Jackson, W. M. Farre1l , \ R. M. Killen, G. T. DeI0ly, J. S. Halekas, T. J. Stubbs"
Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA
Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, CA, USA
Goddard Earth Sciences and Technology Center, Universizp oj Mmyiand Baltimore County (Baltimore, Mary/and, USA)
NASA Lunar Science Institute, NASA Ames Research Centre, Moffett Field, California, USA

3. Sternovsky, Z., P. Chamberlin, M. Horanyi, S. Robertson, and X. Wang (2008*),*
"Variability of the lunar photoelectron sheath and dust mobility due to solar activity",
J. Geophys. Res., 113, A10104, doi:10.1029/2008JA013487.

4. *"IMPACT OF DUST ON LUNAR EXPLORATION"*
-Timothy J. Stubbs, Richard R. Vondrak, and William M. Farrell
Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U.S.A. Email: Timothy.J.Stubbs.1@gsfc.nasa.gov