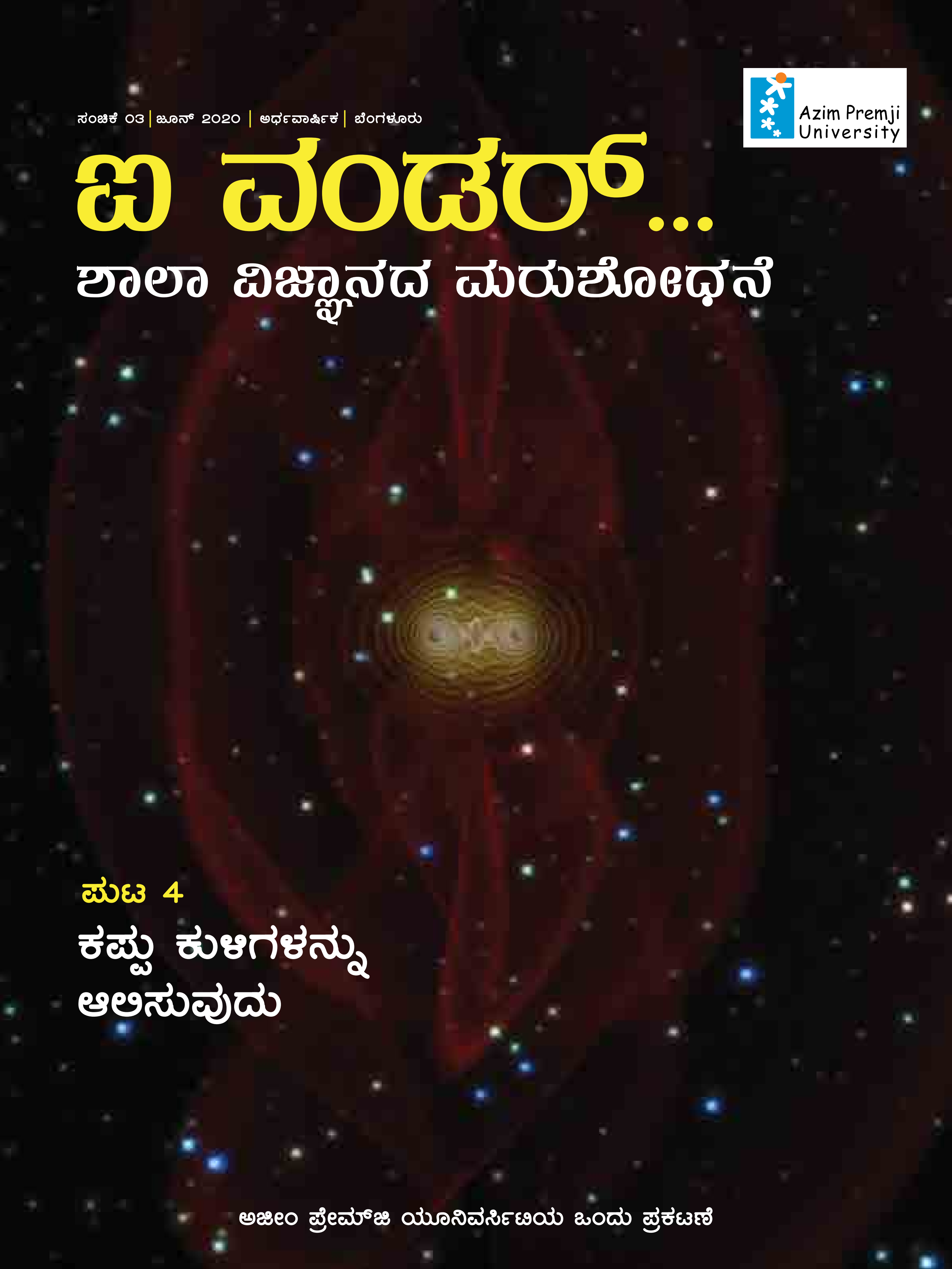
ಸಂಚಿಕೆ 03 | ಜೂನ್ 2020 | ಅರ್ಧವಾರ್ಷಿಕ | ಬೆಂಗಳೂರು

Azim Premji University

ಐ ವಂಡರ್...

ಶಾಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮರುಶೋಧನೆ



ಪುಟ 4

ಕಪ್ಪು ಕುಳಿಗಳನ್ನು ಆಲಿಸುವುದು

ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯ ಒಂದು ಪ್ರಕಟಣೆ

ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಳಿ

ರಾಮ್‌ಗೋಪಾಲ್ (ರಾಮ್.ಜಿ) ವಲ್ಲಥ್
ಮುಖ್ಯ ಸಂಪಾದಕರು
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: ramg@azimpremjifoundation.org

ಚಿತ್ರ ರವಿ
ಸಹ ಸಂಪಾದಕರು
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: chitra.ravi@apu.edu.in

ಆನಂದ ನಾರಾಯಣನ್
ಭಾರತೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು
ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆ, ತಿರುವನಂತಪುರಂ
ಇಮೇಲ್: anand@iist.ac.in

ಚಂದ್ರಿಕ ಮುರಳೀಧರ್
ಇಂಡಿಯಾ ಬಯೋಸೈನ್ಸ್,
ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಜೈವಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು
ಇಮೇಲ್: navodita@indiabioscience.org

ಹೃದಯಕಾಂತ ದಿವಾನ್
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: hardy@azimpremjifoundation.org

ರಾಧಾ ಗೋಪಾಲನ್
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: radha.gopalan@gmail.com

ರಾಜಾರಾಂ ನಿತ್ಯಾನಂದ
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: rajaram.nityananda@apu.edu.in

ರಿಚರ್ಡ್ ಫರ್ನಾಂಡಿಸ್
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: richard.fernandes@apu.edu.in

ಯಾಸ್ಮಿನ್ ಜಯತೀರ್ಥ
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: yasmin.cfl@gmail.com

ಗೀತಾ ಐಯ್ಯರ್
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: brownfishowl@yahoo.co.uk.

ಜುಲ್ಫಿಕರ್ ಅಲಿ
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: julfikar.ali@azimpremjifoundation.org.

ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: reeteka@indiabioscience.org.

ಸೌರವ್ ಶೋಮ್
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಇಮೇಲ್: shomesaurav@gmail.com.

ಸಂಪಾದಕೀಯ ಕಾರ್ಯಾಲಯ
ಜಯಲಕ್ಷ್ಮಿ ಐಯ್ಯರ್ | jayayyer@yahoo.com ಸುಶೀಲ್ ಜೋಶಿ | rusushil@yahoo.com

ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಪಿಇಎಸ್ ಕಾಲೇಜ್ ಆಫ್ ಎಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಕ್ಯಾಂಪಸ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಸಿಟಿ, ಬೆಂಗಳೂರು – 560100
ದೂರವಾಣಿ: 080-66145136 / 5272 | **ಫ್ಯಾಕ್ಸ್:** 080-66145230 | **ಇಮೇಲ್:** publications@apu.edu.in | **ಜಾಲತಾಣ:** www.azimpremjiuniversity.edu.in

ಈ ಪತ್ರಿಕೆಯ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಪ್ರತಿಯನ್ನು http://azimpremjiuniversity.edu.in/SitePages/resources-iwonder.aspx ತಾಣದಿಂದ ಡೌನ್‌ಲೋಡ್ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಿ.

ಐ ವಂಡರ್... ಶಾಲಾ ಶಿಕ್ಷಕರಿಗಾಗಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನ ಪತ್ರಿಕೆ. ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅದರ ಹೊರಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಕಲಿಕೆಯ ಹಲವು ಆಯಾಮಗಳ ಕುರಿತಾದ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ ಆ ಬಗ್ಗೆ ಶಿಕ್ಷಕರು, ಪೋಷಕರು, ಸಂಶೋಧಕರು ಮತ್ತು ಇತರ ಆಸಕ್ತ ವಯಸ್ಕರು ಸೌಮ್ಯ ಮತ್ತು ಆಶಾದಾಯಕವಾಗಿ ಚಿಂತನ ಶೀಲ ಸಂವಾದದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ನಮ್ಮ ಗುರಿ. ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಬಗ್ಗೆ ವಿಮರ್ಶಾತ್ಮಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನಗಳನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವ ಮೂಲ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ (ಏಕೆ, ಹೇಗೆ ಮತ್ತು ಮುಂದೇನು) ಬಗ್ಗೆ ವಿಶಾಲವಾದ ಮತ್ತು ಆಳವಾದ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನದ ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಹಾಗು ಅರ್ಥಪೂರ್ಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುವ ಶಾಲಾ ಆಚರಣೆಗಳ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ನಾವು ಸ್ವಾಗತಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನದ ಉತ್ಸಾಹಿಗಳ ಓದಿಗೆ ಐ ವಂಡರ್... ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಸಾಮಗ್ರಿಯಾಗಿದೆ.

ಐ ವಂಡರ್...

ಶಾಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮರುಶೋಧನೆ

ಸಲಹೆಗಾರರು
ಫಲ್ಗುನಿ ಸಾರಂಗಿ, ಮನೋಜ್ ಪಿ., ಎಸ್. ಗಿರಿಧರ್

ಚಿತ್ರಗಳ ಕೃಪೆ
ಮುಖಪುಟದ ಚಿತ್ರ: 3-D simulation of merging black holes, through the detection of gravitational waves. Henze, NASA. URL: https://www.nasa.gov/centers/goddard/universe/gwave.html. Licence: Public Domain.

ಹಿಂಭಾಗದ ಪುಟದ ಚಿತ್ರ: *Archaeopteryx bavarica.* Luidger, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Archaeopteryx_bavarica_Detail.jpg. License: CC-BY-SA.

ಕನ್ನಡ ಉಪಕ್ರಮಗಳು
ಎಸ್. ವಿ. ಮಂಜುನಾಥ್, ದಿನೇಶ್ ಮಡಗಾಂವ್ಕರ್

ಪ್ರಕಾಶನ ಸಂಯೋಜಕರು
ಶಾಂತ ಕೆ. ಬಿ.ಎಸ್.ಗಾಯತ್ರಿ

ಅನುವಾದ ಪರಿಷ್ಕರಣೆ ಮತ್ತು ಸಂಪಾದನೆ
ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆ
ವಿದ್ಯಾ ಕಮಲೇಶ್
vidya.sk07@gmail.com

ಪತ್ರಿಕೆಯ ವಿನ್ಯಾಸ
ಝಿಂಕ್ & ಬ್ರೊಕೋಲಿ,
enquiry@zandb.in

ಮುದ್ರಕರು
SCPL ಬೆಂಗಳೂರು - 560062
enquiry@scpl.net

ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು
ಪ್ರೊ. ಸತ್ಯಜಿತ್ ಮೇಯರ್ ಮತ್ತು ಡಾ. ಸ್ಮಿತಾ ಜೈನ್: ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಜೈವಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಕೇಂದ್ರ, ಭಾರತ, ಪ್ರೊ. ಪುಣ್ಯಮಿತ್ರ, ಆರಿಝೋನಾ ಸ್ಟೇಟ್ ಯುನಿವರ್ಸಿಟಿ, ಯು.ಎಸ್.ಎ., ಪ್ರೊ. ಆಂಜೆಲಾ ಕೆಲಾಬ್ರಿಸ್ ಬಾರ್ಟನ್–ಮಿಶಿಗನ್ ಸ್ಟೇಟ್ ಯುನಿವರ್ಸಿಟಿ, ಯು.ಎಸ್.ಎ. ಈ ಸಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಹೊರತರುವುದಕ್ಕೆ ನೀಡಿದ ನೆರವಿವಾಗಿ ಇವರಿಗೆ ವಿಶೇಷ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು.

ಲೈಸೆನ್ಸ್
ಈ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಲೇಖನಗಳಗೂ ಕ್ರಿಯೇಟಿವ್ ಕಾಮನ್ಸ್–ಅಟ್ರಿಬ್ಯೂಷನ್–ನಾನ್–ಕಮರ್ಷಿಯಲ್ 4.0 ಇಂಟರ್‌ನ್ಯಾಷನಲ್ ಲೈಸೆನ್ಸ್‌ನ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಲೈಸೆನ್ಸ್ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ದಯವಿಟ್ಟು ಗಮನಿಸಿ: ಈ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು ಆಯಾ ಲೇಖಕರದ್ದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಅಧಿಕೃತ ಕಾರ್ಯನೀತಿ ಅಥವಾ ನಿಲುವನ್ನು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಂಪಾದಕರಿಂದ

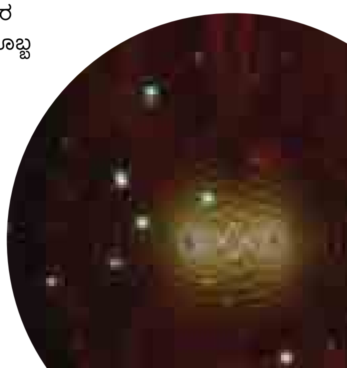
ವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಪ್ರಚೋದನೆಗೊಂಡು ಮಾನವ ಸಮುದಾಯವು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನದ ಆಸಕ್ತಿಯ ತುಟ್ಟತುದಿಯನ್ನೇರಲು ಉದ್ಯುಕ್ತವಾಗಿರುವ ನಾಗರಿಕತೆಯಾಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತಿದೆ. ತನ್ನ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಅತಿದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳತ್ತ ನೆಟ್ಟು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳತ್ತ ಅಂಬೆಗಾಲನ್ನು ಇಡುತ್ತಿರುವಂತಿದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಎಂದರೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅಗಾಧ ಮಟ್ಟದ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು (ಯಾರೋ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದು ಎನ್ನುವಂತೆ) ಒದಗಿಸುವುದಷ್ಟಕ್ಕೇ ಸೀಮಿತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಮುಖ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, **"ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಏನು?"** ಎಂಬ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಿಹೇಳಿರುವಂತೆ ಅತಿ ಸಮರ್ಪಕ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ನಿಖರ ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಂದ ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸುತ್ತಿರುವ ಹಾಗೂ ಅಂತಹ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ನಂತರ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸುತ್ತಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡು ಸರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸುವುದು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಪಾತ್ರವಾಗಿದೆ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ದಿನನಿತ್ಯದ ಜೀವನದಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುವುದು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶವಾಗಿದೆ. ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಸೊಗಸನ್ನು ತಲುಪಿಸ ಬಲ್ಲರು ಅಲ್ಲದೆ ಇದರಿಂದ ಹೊಮ್ಮುವ ಅದ್ಭುತವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲರು. ಏಕೆಂದರೆ, ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು "ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳು" ದಶಕಗಳ, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಶತಮಾನಗಳ ಅವಧಿಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕೈಗೊಂಡ ಪರಿಶ್ರಮಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಮಂಡಿಸಿದವುಗಳೇ ಆಗಿವೆ. ಬಹುತೇಕ, ಹಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು – ಅದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವರು ತಮ್ಮ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ವಿಫಲಗೊಂಡವರೂ ಇದ್ದಾರೆ – ಮಾಡಿದ ಕಾರ್ಯಗಳಿಂದ ಇವು ಪ್ರಯೋಜನ ಪಡೆದಿವೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ – ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವರು ಬಹುಶಃ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದಂತೆ ಕಾಣುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಅರಸುತ್ತಾ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದಿರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತಿದ್ದ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ!

ಕಾಲ ಮತ್ತು ಆಕಾಶ, ಭೌತದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಉಗಮ ಅಥವಾ ಸ್ವತಃ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಜೀವದ ಅಸ್ತಿತ್ವ – ಇವೇ ಮುಂತಾದುವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮೂಲಭೂತ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಭವನೀಯ ಎನ್ನಬಹುದಾದ ಎಲ್ಲ ಉತ್ತರಗಳೂ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸಹಯೋಗ ಸ್ವರೂಪದಿಂದ ಲಾಭ ಪಡೆದಿವೆ. ಒಟ್ಟಾಗಿ ಬೃಹತ್ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅನಾವರಣಗೊಳಿಸುವಲ್ಲಿ ನೆರವಾಗುವ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತುಣುಕುಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತದ ಹಲವು ಕೊಡುಗೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ್ದಾರೆ. **'ಉಗಮಗಳು'** (Origins) ಎಂಬ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಶ್ಲಾಘಿಸುವರೋ ಅಷ್ಟೇ ಈ ನೂರಾರು ತುಣುಕುಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನದ ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಶ್ಲಾಘಿಸದೇ ಇರಲಾರ.

ಈ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದದ್ದಾದರೂ ಹೇಗೆ ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಪರೀಕ್ಷಿಸಹೊರಟರೆ ಈ ಹೊಸ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಪಾತ್ರವಿದೆ ಎಂದೂ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಹೆಜ್ಜೆಯೂ ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಹೆಚ್ಚುವರಿ 'ಇಂದ್ರಿಯಗಳನ್ನು' ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಿಕೊಟ್ಟು ಬಹುವಾಗಿ ಸುಧಾರಿತಗೊಂಡ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಸ ದತ್ತಾಂಶಗಳು ದೊರಕುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಸ ದತ್ತಾಂಶಗಳು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಈಗಾಗಲೇ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ 'ವಾಸ್ತವಾಂಶ'ಗಳನ್ನು ಆಮೂಲಾಗ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಸ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವಂತಹ ಹೊಸ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತ ರೂಪುಗೊಳಿಸಿ ಅದನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತೀವ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಚಿಕೆಯ ಹಲವು ಭಾಗಗಳು **(ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಹೊಸ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳು)**, **(ಇತಿಹಾಸದ ಪುಟಗಳಿಂದ)**, **(ಭಾರತೀಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸೌಲಭ್ಯಗಳು)**, ಮತ್ತು **(ನಾನೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ)** – ಇವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಂತೆ, ವಿಶ್ವ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಬಗೆಗಿನ ನಮ್ಮ ಸದ್ಯದ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಹೇಗೆ ನಮಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಒತ್ತಿಹೇಳುತ್ತವೆ.

ಪರಮ ಸತ್ಯ ಎಂಬುದು ಇಲ್ಲದಿರುವುದೇ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸೊಗಸಾಗಿದೆ. ಹೊಸ ಹೊಸ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೊಂಡಂತೆ ಹಾಗೂ ಹೊಸ ಹೊಸ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ಆದಂತೆ, ನವನವೀನ ನಿಗೂಢಗಳು ಹೊರಹೊಮ್ಮಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಹಯೋಗ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ನೆರವು ಬೇಕಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಿಶ್ವದ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವ ಮತ್ತು ಮಾನವನು ಅದರ ಅಪರಿಮಿತ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮವಾಗಿ ಹೇಗೆ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂದು ತಿಳಿಯುವ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುವ ನಿರಂತರ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾಗಿದೆ. **ಐ ವಂಡರ್**...ನ ಈ ಸಂಚಿಕೆಯು ನಮ್ಮ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಓದುಗನೂ ಇಂತಹ ಒಂದು ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಕುತೂಹಲದ ಕಿಡಿಯನ್ನು ಹೊತ್ತಿಸುವುದೆಂದು ನಾವು ಆಶಿಸುತ್ತೇವೆ.

ರಾಮ್ ಜಿ ವಲ್ಲಥ್
ಸಂಪಾದಕರು



ಪರಿವಿಡಿ

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಹೊಸ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳು

4 **ಕಪ್ಪು ಕುಳಿಗಳನ್ನು ಆಲಿಸುವುದು**
ಪರಮೇಶ್ವರನ್ ಅಜಿತ್

10 **ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಹರಿಸುವುದು**
ಅಮಿತಾಭ್ ಮುಖರ್ಜಿ

15 **ಅನ್ಯ ಜಗತ್ತುಗಳಿಗಾಗಿ ಅನ್ವೇಷಣೆ**
ಸುಮ ಎನ್. ಮೂರ್ತಿ

23 **ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮಾನವನ ವಸಾಹತು**
ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಜೊತೆಗಿನ ಸಂದರ್ಶನ

30 **ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್: ಗಗನಯಾನದ ವೆಚ್ಚಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಇಸ್ರೋದ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ**
ಟಿ. ವಿ. ವೆಂಕಟೇಶ್ವರನ್

ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ವರೂಪ

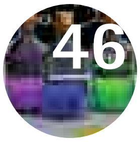
37 **ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಏನು?**
ಅನಿಲ್ ಕುಮಾರ್ ಚಲ್ಲಾ ಮತ್ತು ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್

ಭೂಮಿಯ ಅಳಿವು ಉಳಿವು ಎಂಬಂತೆ ಬೋಧಿಸುವುದು

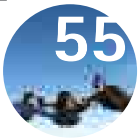
41 **ಕಸವೆಂಬೋ ನಿಧಿ: ನಿಮ್ಮ ಕೈತೋಟದಲ್ಲಿನ ಬಂಗಾರದ ಗಣಿ**
ರಾಧಿಕಾ ಪದ್ಮನಾಭನ್

ಭಿತ್ತಿಪತ್ರ
ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಉಗಮ
ರಾಧಾ ಗೋಪಾಲನ್

ಇತಿಹಾಸದ ಪುಟಗಳಿಂದ


46 **ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ: ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸಕ್ಕೆ ಒಂದು ಬೆಳಕಿಂಡಿ**
ಸವಿತಾ ಲಡಗೆ ಮತ್ತು ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ

ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ


55 **ಬಲದ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಬೋಧಿಸುವುದು**
ಸೌರವ್ ಶೋಮ್

ನಮ್ಮ ಹಿತ್ತಲಿನ ಜೀವ ಜಗತ್ತು

63 **ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳು: ಸಸ್ಯ ಕುಲಾಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಹರಿಕಾರರು**
ಮೀನಾಕ್ಷಿ ಪಂತ್

ಕಾರ್ಯನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕ

70 **ಕಲೆ ಮತ್ತು ಪರಿಸರ**
ಅಭಿಷೇಕ ಕೃಷ್ಣಗೋಪಾಲ

ಭಾರತೀಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸೌಲಭ್ಯಗಳು

76 **ರೇಡಿಯೊ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ**
ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್

ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಆಚರಣೆವರೆಗೆ

87 **ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ಬಗ್ಗೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ಏಕೆ ಕಾಳಜಿ ವಹಿಸಬೇಕು?**
ಡೇ ಗ್ರೀನ್‌ಬರ್ಗ್

ನಾನೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ

92 **ನನ್ನ ಬದುಕಿನ ಒಂದು ವಾರ**
ಅಫ್ತಾಬ್ ದಿವಾನ್

ಭಿತ್ತಿಪತ್ರ
ಸಾಗರದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರದ ಹತ್ತು ವಿಷಯಗಳು
ಮಹಿರಾ ಕಾಕಜಿವಾಲ

ಉಗಮಗಳು

96 **ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ**
ಆನಂದ್ ನಾರಾಯಣನ್

105 **ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಹುಟ್ಟು**
ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಕೃಷ್ಣನ್

118 **ಗ್ರಹ ವಿಶ್ವಗಳ ಉಗಮ**
ಆನಂದ್ ನಾರಾಯಣನ್

130 **ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮ: ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನದವರೆಗೆ**
ನೀರಜಾ ವಿ ಬಾಪಟ್, ಚೈತನ್ಯ ವಿ ಮುಂಗಿ ಮತ್ತು ಸುಧಾ ರಾಜಮಣಿ

ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂವಹನ

135 **ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಏಷಿಯಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ 26ನೇ ದ್ವೈವಾರ್ಷಿಕ ಸಮ್ಮೇಳನ ವರದಿ (ದಿ ಏಷಿಯನ್ ಅಸೋಸಿಯೇಷನ್ ಆಫ್ ಬಯಾಲಜಿ ಎಜುಕೇಶನ್)**
ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್ ಮತ್ತು ಗೀತಾ ಅಯ್ಯರ್

ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳನ್ನು ಆಲಿಸುವುದು

ಪರಮೇಶ್ವರನ್ ಅಜಿತ್

ಇತ್ತೀಚಿನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಶತಮಾನದ ಹಿಂದಿನ ತರ್ಕಬದ್ಧ ಊಹೆಯನ್ನು ದೃಢೀಕರಿಸುವುದು ಮಾತ್ರವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸುವ ಹೊಸ ವಿಧಾನವನ್ನು ತೆರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ರೋಚಕ ಗಾಥೆ, ಅದರ ಹಿನ್ನೆಲೆ ಮತ್ತು ಮುಂದೇನು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ.

ಸುಮಾರು 1.3 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ದೂರದ ಒಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಎರಡು ಭಾರೀ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು (Black holes) ವಿಲೀನಗೊಂಡು ಇನ್ನೂ ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದವು. ಈ ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಅಲ್ಪಾಂಶ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸೂರ್ಯರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ಸಮನಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಿತು. ಒಂದು ವೇಳೆ ಈ ಶಕ್ತಿ ಬೆಳಕಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡಿದ್ದರೆ ಆ ಬೆಳಕಿನ ಹೊಳಪು ಸಮಸ್ತ ಗೋಚರ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಮೀರಿಸುತ್ತಿತ್ತು–ಅಂದರೆ, ಸೆಕೆಂಡಿನ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗದಷ್ಟು ಕಾಲ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಎಲ್ಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಬರುವಂಥ ಬೆಳಕನ್ನು ಮೀರಿಸಿ ಹೊಳೆಯುವಷ್ಟಿರುತ್ತಿತ್ತು. ಬದಲಾಗಿ, ಅದು ಕಾಲ–ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿತು.

ಈ ತರಂಗಗಳು 1.3 ಶತಕೋಟಿ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರ ಸಾಗಿ 14ನೆಯ ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ್, 2015 ರಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪಿದವು. ಅಮೆರಿಕಾದಲ್ಲಿರುವ Laser Interferrometer Gravitational Wave Observatory, (LIGO) ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ಎರಡು ಅದ್ಭುತ ಉಪಕರಣಗಳು ಕಾಲ–ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ಈ ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿದವು. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದರ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ 12ನೆಯ ಫೆಬ್ರವರಿ, 2016 ರಲ್ಲಿ ಘೋಷಿಸಿದಾಗ ಸಾರ್ವಜನಿಕರ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ತರಂಗಗಳುಂಟಾದವು. 'ದಿ ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್ ಟೈಮ್ಸ್' ಇದನ್ನು 'ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಾದ್ಯಂತ ಕೇಳಬಂದ ಚಿಲಿಪಿಲಿಯೆಂದು ಬಣ್ಣಿಸಿತು. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು LIGO ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಿದ ವಿದ್ಯಮಾನವು, ಸುಮಾರು ಶತಮಾನದ ಹಿಂದೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕವಾಗಿ ಮಂಡಿಸಿದ 'ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವೇ' ಆಗಿತ್ತು.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳು

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ (1915) ಅತ್ಯಂತ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಮುನ್ಸೂಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಗುರತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವವೂ ಒಂದು. ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಆಧಾರ ಸ್ತಂಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ

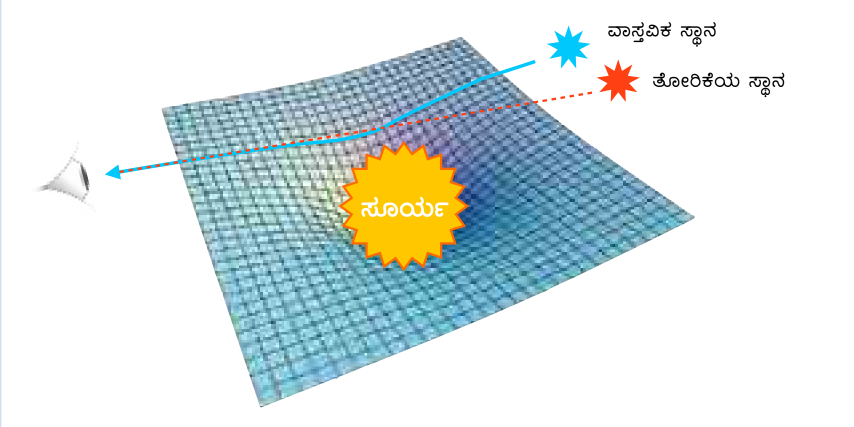
ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಇಂದು ನಮಗೆ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಕುರಿತ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ವಿವರಣೆಯಾಗಿದೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಯಾವುದೇ ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ವಸ್ತು (ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದಂಥ ಶಕ್ತಿಯ ಇತರ ರೂಪಗಳು) ತನ್ನ ಸುತ್ತಲಿನ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶವನ್ನು ಬಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಸಮತಲ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ, ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಬೆಳಕು ಕಾಲ-ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರಪಥವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತಾ ಅಗಾಧ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ವಸ್ತುವಿನ ಬಳಿ ಬಾಗಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ.

ಬ್ರಿಟನ್ನಿನ ಖಗೋಲತಜ್ಞನಾದ ಆರ್ಥರ್ ಎಡ್ಡಿಂಗ್‌ಟನ್, 1919ರಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ಪೂರ್ಣ ಸೂರ್ಯಗ್ರಹಣದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ ಮೊದಲ ವ್ಯಕ್ತಿ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಬಾಗುವಿಕೆಯು ಸೂರ್ಯನ ಸಮೀಪದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ತೋರಿಕೆಯ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೂಲ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಪಲ್ಲಟವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿತು. ಇದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮುನ್ಸೂಚಿಸಿದ ಸಂಗತಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಎಡ್ಡಿಂಗ್‌ಟನ್ ಅರಿತುಕೊಂಡರು (**ಬಾಕ್ಸ್ 1** ನೋಡಿ). ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣವು ಕಾಲವನ್ನು ಮುದುಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹೇಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅಪಾರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ವಸ್ತುವಿನ ಬಳಿ ಕಾಲವು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಹಲವು ಖಗೋಳೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಾಣುವುದು ಎಂದೇನಿಲ್ಲ; Global Positioning System, (GPS) ಕೆಲಸ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ).

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಉಂಟುಮಾಡುವ ವಸ್ತುವಿನ ಹೊರಗೆ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶದ ಮುದುಡುವಿಕೆಯ ಪರಿಮಾಣವು ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿ) ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಇರುವ ದೂರಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಭೂಮಿಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಮುದುಡುವಿಕೆಯು ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, GPS ನಂಥ ನಿಖರ ಯಂತ್ರರಚನೆಗಳು ಈ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಂಥ ಅತ್ಯಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ, ಸಾಂದ್ರಗೊಂಡ ಖಭೌತ ಕಾಯಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮುದುಡುವಿಕೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು. ಅಗಾಧ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅವಸಾನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ (ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಇಂಧನ ಮುಗಿದು ಹೋದಾಗ) ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಕುಸಿತದ ಕಾರಣದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನಗೊಳ್ಳುವಂಥದ್ದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾದ, ಸೂರ್ಯನಷ್ಟೇ ರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯೊಂದು ಕೆಲವೇ ಕಿಲೋಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟು ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ (ಸೂರ್ಯನ ತ್ರಿಜ್ಯ 700000 ಕಿ.ಮೀ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಮರಿಸಿ)!

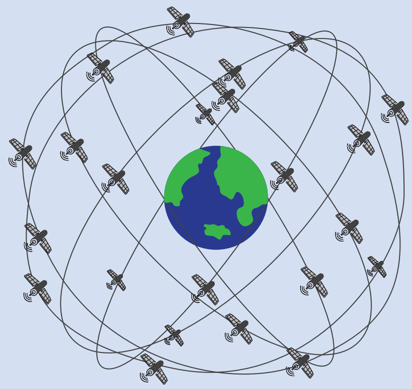
ಅಗಾಧ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಒಂದು ದಟ್ಟವಾದ ವಸ್ತುವು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದಾಗ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರಪಥವು ತನ್ನ ಚಲನೆಯನ್ನು

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಬೆಳಕಿನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಾಗುವಿಕೆ



ಈ ಕಾರ್ಟೂನಿನಲ್ಲಿ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶವನ್ನು ಉದ್ದವಾಗಿ ಮತ್ತು ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಸಮಾಂತರ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎರಡು-ಆಯಾಮದ ಮೇಲ್ಮೈ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸೂರ್ಯ ತನ್ನ ಸುತ್ತಲಿನ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶವನ್ನು ಬಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ವೀಕ್ಷಕ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಿನ ಕನಿಷ್ಠ ಪಥ ಸರಳರೇಖೆಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರದ ಬೆಳಕು ತನ್ನ ಮೂಲ ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಕನ ನಡುವಣ ಕನಿಷ್ಠ ಪಥವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದರಿಂದ, ವಕ್ರಗೊಂಡ ಕಾಲ-ಅವಕಾಶದ ಬಳಿ ಅದು ಬಾಗುತ್ತದೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ತೋರಿಕೆಯ ಸ್ಥಾನವು ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಅಂಗಭಾಗದ ಸಮೀಪ ಹಾದುಹೋಗುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ಬೆಳಕು ಗರಿಷ್ಠ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು (ಸುಮಾರು 1.75/3600 ಡಿಗ್ರಿಗಳು) ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸೂರ್ಯನಿಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪವಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ತಮ್ಮ ತೋರಿಕೆಯ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಗರಿಷ್ಠ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಗ್ಲೋಬಲ್ ಪೊಸಿಷನಿಂಗ್ ಸಿಸ್ಟಮ್ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕಾಲ ವಿಸ್ತರಣೆ



ಗ್ಲೋಬಲ್ ಪೊಸಿಷನಿಂಗ್ ಸಿಸ್ಟಮ್ ಎಂಬುದು ಆಧಾರ (reference) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ನಿಖರವಾದ ಪರಮಾಣು ಗಡಿಯಾರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ನಿರಂತರವಾಗಿ ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಸಮಯವನ್ನು ರವಾನಿಸುತ್ತವೆ.

ಒಮ್ಮೆಗೆ ಕನಿಷ್ಠ ನಾಲ್ಕು ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ನಾವು ಗ್ರಹಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಸ್ಥಿರ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ನಾವಿರುವ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಮೂರು ಆಯಾಮದಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಬಹುದಲ್ಲದೆ ಆಧಾರ ಗಡಿಯಾರ ತೋರಿಸುವಂತೆ ಸಮಯವನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಜಿಪಿಎಸ್ ಸಹಾಯದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ 10 ಮೀಟರ್ ವರೆಗಿನ ನಿಖರತೆಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ಆದಾಗ್ಯೂ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಸಮಯದ ಗತಿಯನ್ನು ಮಂದವಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರವು ಉಪಗ್ರಹದ ಮೇಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ದಿನಕ್ಕೆ 3 ಮೈಕ್ರೋ ಸೆಕೆಂಡ್ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕು 10 ಮೀಟರ್ ಚಲಿಸಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಇದು ಬಹಳ ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಿ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಜಿಪಿಎಸ್ ಗ್ರಾಹಕಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ನಮ್ಮ ದೈನಂದಿನ ಜೀವನವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದೆ!

ಅನುಸರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ವಕ್ರಪಥದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲನವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಆಂದೋಲನಗಳು ತಮ್ಮ ಮೂಲದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ಹೊರಮುಖವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ಆವೇಶಿತ ಕಣಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಂತೆಯೇ ಇರುವುದು. ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಆಂದೋಲನವು ಕಾಲ–ಅವಕಾಶದ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವುದು.

1916 ರಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಗಣಿತೀಯ ಉತ್ತರಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇದು ಭೌತಿಕ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನವೇ ಅಥವಾ ಅಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದು 1950ರ ದಶಕದವರೆಗೂ ವಿವಾದಾತ್ಮಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು. ಅವುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ವತಃ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನೇ ಸಂದೇಹಪಟ್ಟ ಸಂದರ್ಭಗಳೂ ಇದ್ದವು. ಅಂದ ಹಾಗೆ, 1950 ಹಾಗೂ 1960 ರ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಅಪಾರ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ನಿಜವಾದ ಭೌತಿಕ ಅಸ್ತಿತ್ವವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿದವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅವು, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಂತೆಯೇ ತಮ್ಮ ಉಗಮ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯಬಲ್ಲವು. ನಂತರ, 1975 ರಲ್ಲಿ ರಸೆಲ್ ಹಲ್ಸ್ (Russel Hulse) ಮತ್ತು ಜೋಸೆಫ್ ಟೇಲರ್(Joseph Taylor) ರೇಡಿಯೋ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಮುಖಾಂತರ ಯುಗಳ ಸ್ಪಂದತಾರಾ ಮಂಡಲ (Binary Pulsar System) ವನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಿದರು. ಸುಮಾರು 8 ತಾಸುಗಳ ಆವರ್ತನೆಯೊಂದಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಸುತ್ತುಹಾಕುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮಂಡಲ ಇದಾಗಿತ್ತು. ಒಂದು ವೇಳೆ ಈ ಮಂಡಲವು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸಿದ್ದರೆ ಆಗ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿವ್ಯಯವು ಕಕ್ಷೆಗಳು ಬೇರ್ಪಡುವ ಸ್ಥಾನವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಕೆಲವರ್ಷಗಳ ರೇಡಿಯೋ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಪ್ರಾಪ್ತವಾದ ಮಾಪನಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವಂತೆಯೇ ಕಕ್ಷೀಯ ಆವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಇಳಿಕೆಯಾಗುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿತು. ಇದು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಗಮನಾರ್ಹ ವಿಜಯವಾಗಿದ್ದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮಂಜಸ ಸಂಶಯಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲದಂತೆ ಸಾಬೀತುಪಡಿಸಿತು. ಹಲ್ಸ್ ಮತ್ತು ಟೇಲರ್ – ಇವರಿಬ್ಬರಿಗೆ ಯುಗಳ ಸ್ಪಂದತಾರೆಯ ಆವಿಷ್ಕಾರಕ್ಕೆ 1993 ರಲ್ಲಿ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡಲಾಯಿತು.

ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹಿಡಿಯುವುದು

ಯುಗಳ ಸ್ಪಂದತಾರೆಗಳು ನಮಗೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಅವಕಾಶ ನೀಡುತ್ತವೆಯಾದರೂ ನಾವು ಅವುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನಗೊಳ್ಳುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿಲ್ಲ. ಯುಗಳ ಸ್ಪಂದತಾರೆಯ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ದೊರೆತ ಯಶಸ್ಸು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಗಂಭೀರ ಚಿಂತನೆ ಮಾಡುವತ್ತ ಉತ್ತೇಜನ ನೀಡಿತು.

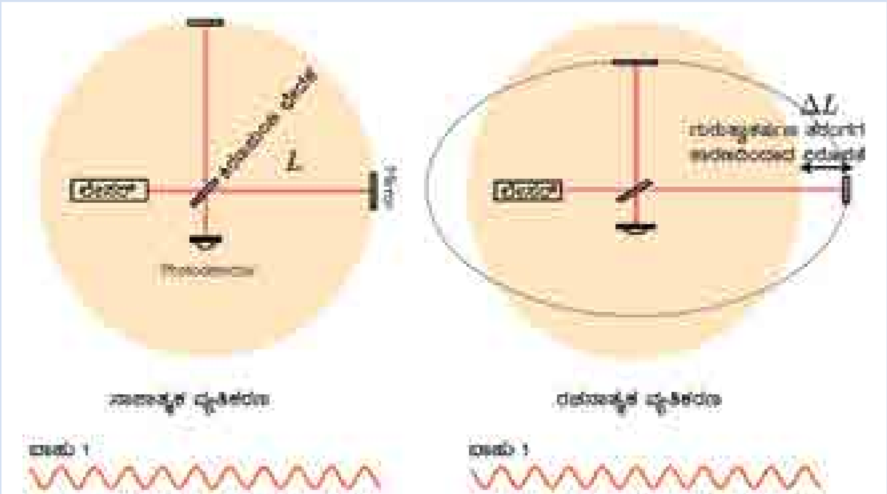
ಅತ್ಯಧಿಕ ವೇಗದೊಂದಿಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಪಾರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಸಾಂದ್ರ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಖಭೌತ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಭೂಮಿಯಿಂದಲೇ

ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಯುಳ್ಳ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟವು. ಇದಕ್ಕೆ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳು ಹೀಗಿವೆ– ತಮ್ಮ ಜೀವಿತಾಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಕುಸಿಯುವ ಅತ್ಯಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಯುಗಳ ಮಂಡಲಗಳು, ಅತ್ಯಧಿಕ ವೇಗದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುತ್ತಿರುವ, ವಿರೂಪಗೊಂಡ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಸ್ವತಃ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಕೂಡ. ಅಂತಹ ವಿದ್ಯಮಾನ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಬಲ ವೀಕ್ಷಣಾ ಸಾಕ್ಷ್ಯವೂ ಇತ್ತು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಾತ್ಮಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು 1960 ರ ದಶಕದಲ್ಲೇ ಆರಂಭಗೊಂಡವು. ಇದು ಜೋಸೆಫ್ ವೆಬರ್ (Joseph Weber) ಎಂಬಾತ 'ಅನುರಣನ ದಂಡ' (Resonant Bar) ಶೋಧಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುವುದರೊಂದಿಗೆ ಆರಂಭಗೊಂಡಿತು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ಗಳನ್ನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲ ಆಂಟೆನಾಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಳಸಬಹುದೆಂಬ ವಿಚಾರವು, ಈ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಿ ಆಗಿಸಿತು.

ತಮ್ಮ ಮೂಲದಿಂದ ಬಹುದೂರವಿರುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಆಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಯಲ್ಲಿನ ಸಮಯಾಧಾರಿತ ವಿರೂಪತೆಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಅವು ಉಬ್ಬರದಲೆಗಳ ಬಲಕ್ಕಿರುವ (Tidal force) ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ವಿರೂಪವುಂಟು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಚಂದ್ರನು ಉಬ್ಬರದಲೆಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ ಭೂಮಿಯ ಗೋಲಾಕಾರ ವಿರೂಪಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡುವಂತೆಯೇ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳು 'ಪರೀಕ್ಷಾ ಕಣಗಳ' ಉಂಗುರವನ್ನು ದೀರ್ಘವೃತ್ತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. (ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಂದಾದ ವಿರೂಪತೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅಡ್ಡಲಾಗಿರುವುದು, ಅಂದರೆ, ತರಂಗ ಹರಡುವಿಕೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು.). ಈ ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಲೇಸರ್ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಆದರ್ಶ ಉಪಕರಣವಾಗಿದೆ. (ಬಾಕ್ಸ್ **3 ನೋಡಿ**).

19ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಉತ್ತರಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಮೈಕೆಲ್‌ಸನ್(Albert Michelson)ನಿಂದ ಆವಿಷ್ಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ 'ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೆಟ್ರಿ' ಒಂದು ಸುಸ್ಥಾಪಿತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ. ಇದನ್ನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗ ಶೋಧಕದಂತೆ ಬಳಸಲು ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆ ಇದೆ. ಅದೆಂದರೆ, ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ನ ಬಾಹುವಿನ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ಸಾಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಅತ್ಯಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಮೀಪದ ನಿಹಾರಿಕಾ ಸಮೂಹವಾದ ವಿರ್ಗೋನಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಒಂದರಲ್ಲೊಂದು ಐಕ್ಯವಾದಾಗ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ನ ಬಾಹುವಿನ ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 10^{-21} ಮೀಟರ್‌ನಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಆಂಶಿಕ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ! ಅಂದರೆ, ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ 10^{-21} ಮೀಟರ್‌ನಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನೂ ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದು ಬಲು ಕಷ್ಟದ ಕೆಲಸ ಎಂಬುದು ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿಯೇನಲ್ಲ!

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಬಹುದಾದ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ, ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದ ಬಾಹುವಿರುವ ಮೇಜಿನ ಮೇಲಿಡುವ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉದ್ದದ ಬಾಹುವಿರುವ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್ ಅನ್ನು ಬಳಸುವುದು. ಉದ್ದದ ಬಾಹುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಂದ ಬಾಹುವಿನ ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬದಲಾವಣೆ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಈಗಿನ ಆಧುನಿಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗ ಶೋಧಕಗಳು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಸ್ಕೇಲ್ ನಲ್ಲಿರುವ ಮೈಕೆಲ್‌ಸನ್ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ಗಳೇ ಆಗಿವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ನಾವು ಅವುಗಳ ಬಾಹುಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವ 10^{-18} ಮೀಟರ್‌ಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವ– ಅಂದರೆ, ಪರಮಾಣು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅತಿ



ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಲೇಸರ್ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್ ಬಳಸಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದು

ಲೇಸರ್ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಮೊದಲಿಗೆ ಎರಡು ಬೆಳಕಿನ ಪುಂಜಗಳು ನಾಶಾತ್ಮಕ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ (Destructive Interference) ಒಳಗಾಗುವ ಹಾಗೆ ಎರಡು ಬಾಹುಗಳ ಉದ್ದವನ್ನು ಹೊಂದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿರುವುದು). ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗವು ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಹಾದು ಹೋದಾಗ ಅದು ಒಂದು ಬಾಹುವನ್ನು ಉದ್ದವಾಗಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಬಾಹುವನ್ನು ಸಣ್ಣದಾಗಿಯೂ ಮಾಡುತ್ತದೆ

ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸ್ಥಿರಾಂಕವಾದ್ದರಿಂದ ಈ ಎರಡು ಬಾಹುಗಳ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕು ಹೋಗಿ ಬರುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಈ ಎರಡು ಬೆಳಕಿನ ಪುಂಜಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತಿಕರಣವು ಬೆಳಕಿನ ಉತ್ಪನ್ನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Output Power) ದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ – ಪತ್ತೆಕಾರಿಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಕಡಿಮೆ – ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ! ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ಗಳನ್ನು 'ಕಪ್ಪು' ಮತ್ತು 'ಬಿಳುಪು' ಪಟ್ಟೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ದೂರವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಸುತ್ತಾರೆ. ಅಂದರೆ, ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಮಾನದಂಡವು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸಾದೃಶ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಆದರೆ, ಕಳೆದ ಮೂರು ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಿರುವ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಾ ತರಂಗ ಶೋಧಕ ಉಪಕರಣಗಳು ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್‌ನಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಅಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದರ ಮೂಲಕ ತರಂಗಾಂತರದ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಆಂಶಿಕ ಭಾಗವನ್ನು ($\sim10^{-12}$) ಅಳತೆ ಮಾಡಬಲ್ಲವು. ತನ್ನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಬಂದು ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಬೇರೆ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಂದಲೂ ಬರುವ ಸಂಕೇತಗಳಿಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇಡೀ ಆಕಾಶದಿಂದ ಬರುವ ಸಮಸ್ತ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಗುರುತಿಸುವ ಆಂಟೆನಾ ಇದಾಗಿದೆ. ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನೋ ಅಥವಾ ನಿಹಾರಿಕೆಯನ್ನೋ ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಗಗನದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗದತ್ತ ತಿರುಗಿಸಿ ನಿಲ್ಲಿಸುವ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ಇದು ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಹಲವು ಸಣ್ಣ ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಆಕಾಶವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಇದು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇದರಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಆಂಟೆನಾವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಮೂಲವು ಎಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಭೌಗೋಳಿಕವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಡೆ ಇರುವ ಹಲವು ಶೋಧಕಗಳಿಂದ ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುವ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸಿ ಮೂಲದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಶೋಧಕಗಳಿಗೆ ಸಂಕೇತವು ಬಂದು ತಲುಪುವ ಸಮಯದ ಅಂತರವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಬಾನಿನಲ್ಲಿ ಮೂಲದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ತನ್ನ ಎರಡೂ ಕಿವಿಗಳಿಗೆ ಶಬ್ದ ಬಂದು ತಲುಪುವ ಸಮಯವನ್ನು ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ ಬೇಟೆಯಿರುವ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಗೂಬೆಗೆ ಇದನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶೋಧಕಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ನಿಖರತೆಯು ಉತ್ತಮಗೊಳ್ಳುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ಸಾಬೀತು ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ, ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಲಿಗೊ (LIGO) ವೀಕ್ಷಣಾಲಯವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಇಂದಿನ ಯೋಜನೆಯು ಸದ್ಯದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗ ಶೋಧಕಗಳ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಜಾಲಕ್ಕೆ ಪ್ರಮುಖ ಸೇರ್ಪಡೆಯಾಗಲಿದೆ. ಯು.ಎಸ್.ಎ ಮತ್ತು ಯುರೋಪ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಶೋಧಕಗಳಿರುವ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಲಿಗೊ ಸ್ಥಾಪಿತಗೊಳ್ಳುವ ಸ್ಥಾನವು ಗಮನಾರ್ಹ ದೂರದಲ್ಲಿದೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಬಾನಿನಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ನಿಖರತೆಯು ಬಹಳವಾಗಿ ಉತ್ತಮಗೊಳ್ಳಲಿದೆ.

1916 ರಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಗಣಿತೀಯ ಪರಿಹಾರಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇದು ಭೌತಿಕ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ನಿಜಕ್ಕೂ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನವೇ ಅಥವಾ ಅಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದು 1950 ರ ದಶಕದವರೆಗೂ ವಿವಾದಾತ್ಮಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು. ಅವುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ವತಃ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನೇ ಸಂದೇಹಪಟ್ಟ ಸಂದರ್ಭಗಳೂ ಇದ್ದವು. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, 1950 ಹಾಗೂ 1960 ರ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಅಪಾರ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ನಿಜವಾದ ಭೌತಿಕ ಅಸ್ತಿತ್ವವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿದವು.

ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಒಂದು ಹೊಸ ಇಂದ್ರಿಯ?

ಬೃಹದಾಕಾರದ ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೀಟರ್ ಆಧಾರಿತ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗ ಶೋಧಕಗಳು ಭೂಮಿಯ ಹಲವಾರು ಬೇರೆಬೇರೆ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಾಣಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ಬಂದಿವೆ.

ಕಳೆದ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಮುಖ ಉನ್ನತೀಕರಣದ ನಂತರ ಯುಎಸ್‌ಎನಲ್ಲಿ ಲಿಗೊ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯದ ಇಂತಹ ಎರಡು ಶೋಧಕಗಳು ಗಮನಾರ್ಹ ಸುಧಾರಿತ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯೊಂದಿಗೆ ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ್, 2015 ರಿಂದ ಕಾರ್ಯ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದವು. 14ನೆಯ ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ್, 2015 ರಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸುಮಾರು 3000 ಕಿಲೋಮೀಟರು ದೂರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಈ ಸುಧಾರಿತ ಲಿಗೊ ಶೋಧಕಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸ್ಫುರಿತವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗದ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದವು. ಈ ದತ್ತಾಂಶದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ 1.3 ಶತಕೋಟಿ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ, ಎರಡು ಬೃಹತ್ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳ ವಿಲೀನದಿಂದ ಈ ಸಂಕೇತವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂತು. ಇದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗದ ಪ್ರಪ್ರಥಮ ನೇರ ಗುರುತಿಸುವಿಕೆ ಆಗಿದೆಯಲ್ಲದೆ, ಎರಡು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಇರುವಂಥ ಒಂದು ಯುಗಳ ಮಂಡಲದ ಮೊದಲನೆಯ ಶೋಧವೂ ಆಗಿದೆ. ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಇದುವರೆಗೂ ವೀಕ್ಷಿಸಿರುವ ಯಾವುದೇ ತಾರಾ–ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳಿಗಿಂತ ಈ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದ್ದವು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದೊಂದು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯೂ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ 30 ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ! ಈ ವಿಲೀನದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಮೂರು ಸೂರ್ಯರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ($E = 3Mc^2$) ಸಮನಾಗಿದ್ದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಅಲ್ಪಾಂಶ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ 10^{49} ವಾಟ್‌ನಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಿತು! ಮಾನವಕುಲವು ಕಂಡ ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ಖಗೋಳೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನ ಇದಾಗಿದೆ. ಡಿಸೆಂಬರ್, 26, 2015 ರಂದು ಮತ್ತೊಂದು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯ ವಿಲೀನದಿಂದ ಹೊಮ್ಮಿದ ಎರಡನೆಯ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ಅವಲೋಕಿಸಿರುವ ಸಂಕೇತಗಳ ದರದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮುಂದಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳ ವಿಲೀನದಿಂದ ಬರುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗದ ವೀಕ್ಷಣೆಯು ದೈನಂದಿನ ಕ್ರಮವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯು ಆಶ್ಚರ್ಯಗಳ ಸರಮಾಲೆಯಂತಹ

ಕಥೆಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿರಿಸುತ್ತದೆ. ಬಾನಿನತ್ತ ತನ್ನ ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ನೋಡುತ್ತಾ ಚಂದ್ರನು ನಮ್ಮ ಪುರಾತನರು ಆಲೋಚಿಸಿದಂತೆ ಅರೆಪಾರದರ್ಶಕ ಹಾಗೂ ಪರಿಪೂರ್ಣ ಗೋಳವಾಗಿರದೆ, ಬೃಹತ್ ಪರ್ವತ ಮತ್ತು ಆಳವಾದ ಕಂದಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಾನೆ ಎಂದೂ, ಶುಕ್ರಗ್ರಹಕ್ಕೂ ಚಂದ್ರನಂತೆಯೇ ಹಂತಗಳಿವೆ ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಗುರುಗ್ರಹವನ್ನು ಸುತ್ತುಹಾಕುವ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿವೆ ಎಂದೂ ಗೆಲಿಲಿಯೋ ಕಂಡನು . ಅಂದಿನಿಂದ ರೇಡಿಯೋ, ಮೈಕ್ರೋವೇವ್, ಅವಕೆಂಪು (Infrared), ಅತಿನೇರಳೆ (Ultraviolet), ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಮತ್ತು ಗಾಮಾ ಕಿರಣ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ಅಗೋಚರ ತರಂಗಾಂತರದವರೆಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿವೆ ಹಾಗೂ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ತೆರೆದಿವೆ. ವಿಶ್ವಕಿರಣ (ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ರೇ) ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಿಗಿಂತ ಸಂಪೂರ್ಣ ಭಿನ್ನವಾದ ವಾಹಕಗಳವರೆಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿವೆ. ಆಗೊ ವೀಕ್ಷಣಾತ್ಮಕ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ಅಭಿನವ ಶಾಖೆಯನ್ನು ತೆರೆದಿದೆ– ಆಗೊವಿನಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗ ಸಂಕೇತಗಳು ಶಬ್ದವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ (Audio band) ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗದ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಎಂದರೆ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಆಲಿಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ತರಂಗಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಮತ್ತೊಂದು ‘ಇಂದ್ರಿಯ’ವನ್ನು ಒದಗಿಸಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಸೂಚನೆ; ಲೇಖನದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿರುವ ಚಿತ್ರಗಳ ಕೃಪೆ: Caltech/MIT/LIGO Lab. URL: https://www.ligo.caltech.edu/image/ligo20150731c.
ಲೈಸೆನ್ಸ್: ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಬಳಕೆಗೆ ಲಭ್ಯವಿದೆ.

ಮತ್ತಷ್ಟು ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕಾಗಿ

1. Bernard F Schutz, Gravity from the Ground Up: An Introductory Guide to Gravity and General Relativity, Cambridge University Press (2003). URL: http://www.gravityfromthegroundup.org/
2. Kip S Thorne, Black Holes & Time Warps - Einstein's Outrageous Legacy, W. W. Norton & Company (1995).
3. Web resources on gravitational waves https://www.ligo.caltech.edu/page/learn-more.
4. Resources for students, teachers and the public: http://ligo.org/public.php.
5. Web portal on General Relativity and its applications: http://www.einstein-online.info/

ಪರಮೇಶ್ವರನ್ ಅಜಿತ್: ಇವರು ಬೆಂಗಳೂರಿನ ಟಾಟಾ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಂಡಮೆಂಟಲ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ಥಿಯರಿಟಿಕಲ್ ಸೈನ್ಸ್ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಆಗಿದ್ದಾರಲ್ಲದೆ, ಆಗೊ ಸೈಂಟಿಫಿಕ್ ಕೊಲಾಬೊರೇಷನ್‌ನ ಸದಸ್ಯರೂ ಆಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು ajith@icts.res.in ಇಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು.

ಅನುವಾದ: ಬಿ ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ

ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಹರಿಸುವುದು

ಅಮಿತಾಭ್ ಮುಖರ್ಜಿ

ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ ಎಂದರೇನು? ಅದು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ನಮಗೆ ಹೇಗೆ ಗೊತ್ತು? ಇದು ಎಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ? ಈ ಲೇಖನವು ಅಂತಹ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಿಸುತ್ತಾ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಅಗಾಧ ಸಂರಚನೆಗಳ ಅಧ್ಯಯನವು ಹೇಗೆ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಘಟಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವು ಅಂಶಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ.

ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ನಾವು ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ನೋಡಿದಾಗ, ಬೆಳಕನ್ನು ಸೂಸುವ ಅನೇಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಉದಾಹರಣೆಗಳೆಂದರೆ, ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂಥ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ, ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೃಹತ್ ಅನಿಲ ಮೋಡಗಳು ಹಾಗೂ ಕ್ವಾಸಾರ್‌ನಂತಹ ಇನ್ನಿತರ ರಹಸ್ಯಮಯ ಕಾಯಗಳು ಇವೆ. ಒಟ್ಟಾರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಾಶಮಯ ಅಥವಾ ಉಜ್ವಲ ದ್ರವ್ಯಗಳು ಎಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಆದಾಗ್ಯೂ, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲವೂ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಚೆಲ್ಲುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಮ್ಮದೇ ಆದ ಭೂಮಿ, ಅಷ್ಟೇ ಏಕೆ, ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಎಲ್ಲ ಗ್ರಹಗಳು. ಅಂತಹ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಾರೆಯಾಗಿ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ಪ್ರಮಾಣ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ– ಎಲ್ಲ ಗ್ರಹಗಳು, ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳು, ಧೂಮಕೇತುಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ ಎಲ್ಲ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಇದು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಕೇವಲ 0.14% ನಷ್ಟು ಮಾತ್ರದಷ್ಟಿದೆ. ಹಾಗಾದರೆ ನಾವೇಕೆ ಈ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ಚಿಂತಿಸಬೇಕು, ಮತ್ತು ಇದು ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಷಯ ಏಕೆ ಆಗಬೇಕು? ಏಕೆಂದರೆ, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಆ ಮಾನದಂಡದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸೌರಮಂಡಲವು ಅತಿ ಚಿಕ್ಕದು; ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯಗಳು ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇವೆ.

ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು

ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುನ್ನ, ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಹೇಗೆ ಗುರುತಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡೋಣ. ಶನಿಗ್ರಹದಷ್ಟು ದೂರವಿರುವ ಗ್ರಹಗಳು ಅವು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನಿಂದಾಗಿ ನಮ್ಮ ಬರಿಗಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆಯಾದರೂ, ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಇನ್ನೂ ದೂರವಿರುವ ಕಾಯಗಳನ್ನು ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

19ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ನೆಪ್ಚೂನ್ ಗ್ರಹದ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಇನ್ನೂ ಅಧಿಕ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಯುರೇನಸ್‌ನ (Uranus) ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿನ ಏರುಪೇರುಗಳು ಆ ಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಇನ್ನೂ ವಿವರಣೆಗೆ ಸಿಕ್ಕದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಸೆಳೆತವಿದೆ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿತು– ಬಹುಶಃ ಇನ್ನೂ ಅನ್ವೇಷಿಸದ ಮತ್ತೊಂದು ಗ್ರಹದ ಕಾರಣದಿಂದ ಇರಬಹುದು. 1846 ರಲ್ಲಿ ನೆಪ್ಚೂನ್ ಗ್ರಹವನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ತರ್ಕಿಸಿದ ಸ್ಥಾನದ ಬಳಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾಯಿತು. ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಕಾಯವು ಬೆಳಕನ್ನು ಸೂಸದಿದ್ದರೂ ಅದರ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅದರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಪರಿಣಾಮಗಳಿಂದ ತರ್ಕಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಕೂಡ ಹೇಳಬಹುದು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾದ್ದರಿಂದ, ವಿಭಿನ್ನ ದೂರದ ಮಾನದಂಡಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯಗಳು ಸಹ ತಮ್ಮ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಮುಖಾಂತರ ತಮ್ಮ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಬಹಿರಂಗಪಡಿಸುವ ಎಲ್ಲ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಇವೆ.

ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ಇರುವಿಕೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಸಾಕ್ಷಿಯು ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಿಂದ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆ (Milkyway) ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ. **ಚಿತ್ರ** 1 ರಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ M31 ಎಂಬ ಆಂಡ್ರೋಮಿಡಾ ನಿಹಾರಿಕೆಯೂ ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅದರ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಬಾಹುಗಳು ಸುಂದರವಾಗಿ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತಿವೆ. ನಾವು ಕಾಣುತ್ತಿರುವಂತೆ, ನಿಹಾರಿಕೆಯು ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತಿದೆಯಲ್ಲದೆ ತಾರೆಗಳು ಕೇಂದ್ರೀಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಿತರಣೆಗೊಂಡು ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಬ್ಬನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿವೆ. ಬಹುತೇಕ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಹೀಗೆಯೇ ಕಾಣುತ್ತವೆ.

ಈಗ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರ ಸಂಗತಿ ಗಮನಿಸೋಣ. ನಿಹಾರಿಕೆಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಇರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುತ್ತಲೇ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮದ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದರ ಭ್ರಮಣ ವೇಗವು ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಅದಿರುವ ದೂರದ ಮೇಲೆ ಹೇಗೆ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಬಹುದು. ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ದೂರವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ಭ್ರಮಣ ವೇಗ ಕಡಿಮೆಯಾಗಬೇಕು ಎಂದು ಸರಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. (ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹವನ್ನೇ ಗಮನಿಸಿ: ಅತ್ಯಂತ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಬುಧಗ್ರಹವು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 47.87 ಕಿ.ಮೀ ವೇಗದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿದರೆ ನೆಪ್ಚೂನ್ ಗ್ರಹವು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 5.43 ಕಿ.ಮೀ ವೇಗದ ಮಂದಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುಹಾಕುತ್ತದೆ.) ಹೀಗೆ, M31ನಂತಹ ನಿಕಟ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಎಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ನಾವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಲೆಕ್ಕಹಾಕಬಹುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, M31 ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ಇದೇ ರೀತಿಯ ನೂರಾರು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ

ಚಿತ್ರ 1. ಆ್ಯಂಡ್ರೊಮೇಡಾ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಇತ್ತೀಚಿನ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ.
Source: Adam Evans, Wikimedia Commons. License: CC-BY. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Andromeda_Galaxy_(with_h-alpha).jpg.

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಕಪ್ಪುಕುಳಿ ಎಂದರೇನು?

ಬೆಳಕು ಸಹ ಹೊರಬರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಷ್ಟು ಪ್ರಬಲ ಗುರುತ್ವಕಾರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ಸೆಳೆತವು ಕಂಡುಬರುವ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಕಪ್ಪುಕುಳಿ ಎನ್ನುವರು. ಭೌತದ್ರವ್ಯ ಅಥವಾ ಪದಾರ್ಥವು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶ (Space) ವನ್ನು ಆವರಿಸುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ದ್ರವ್ಯವು ಒತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದೇ ಈ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸೆಳೆತಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವು ತಾನು ಅವಸಾನ ಹೊಂದುತ್ತಿರುವ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಆಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ಯಾವುದೇ ಬೆಳಕು ಹೊರಬರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಮಾನವರು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯನ್ನು ಕಾಣಲಾರರು- ಅವು ಅಗೋಚರ!

ಬಹಳ ಭಿನ್ನವೇ ಆದ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಅಂಚಿನತ್ತ ಸರಿಯುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವೇಗ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವ ಬದಲು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈ ವೈಪರೀತ್ಯವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಎರಡು ಪ್ರಮುಖ ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಮಟ್ಟದ ಮಾನದಂಡದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮವು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು. ಕೆಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಉತ್ತರವು ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಬರುವುದು ಎಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟರೂ ನಾವು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಚರ್ಚಿಸಲು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎರಡನೆಯ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿಯಮವು ಇಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ, ನಿಹಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ನಮಗೆ ಕಾಣುವುದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಏಕರೂಪವಾಗಿ ವಿತರಣೆಗೊಂಡಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು. ಇದಲ್ಲದೆ, ನಿಹಾರಿಕೆಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟೋ ಅಧಿಕವಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ನಿಹಾರಿಕೆಯು ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದಿಂದ ತುಂಬಿಹೋಗಿದೆ ಎಂದು ಕೂಡ ಹೇಳಬಹುದು. ನಿಹಾರಿಕೆಯು ದೃಗ್ಗೋಚರ ತಟ್ಟೆಯ ಜೊತೆಗೆ, ತಟ್ಟೆಯಂತೆ ಸಮತಲವಾಗಿರದ, ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಗೋಳಾಕಾರವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಪರಿವೇಶ ಅಥವಾ ವಲಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂದು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಟ್ಟುವಂತೆ ಹೇಳಬಹುದು.

ಈ ಸಂಗತಿಯು ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರದವುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವುದೇ ಎಂದು ನಿಮಗೆ ಅಚ್ಚರಿಯಾಗಬಹುದು. ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ವಿಧದ ನಿಹಾರಿಕೆಯಾದ ದೀರ್ಘವೃತ್ತೀಯ (elliptical) ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿನ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮಾಪನಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಇದೇ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತವೆ ಬಹುತೇಕ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯಗಳಿಂದ ತುಂಬಿವೆ. ನಮ್ಮದೇ ನಿಹಾರಿಕೆಯಾದ ಆಕಾಶಗಂಗೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಒಂದು ಅಂದಾಜಿನ ಪ್ರಕಾರ ಇದರ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಸುಮಾರು ೮೦%ಗೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ-ಬಹುಶಃ ೯೫%ವರೆಗೂ ಇರಬಹುದು- ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವು ಪರಿವೇಶದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದೆ.

ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಪರಿವೇಶ (Halo)ದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ

ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಪರಿವೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ನಿಖರ ಲಕ್ಷಣಗಳೇನು? ಇಂದಿಗೂ ಇದೊಂದು ಮುಕ್ತಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೀಗಿದೆ-ಈ ಪರಿವೇಶವು ಇನ್ನೂ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಗ್ರಹದಂಥ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಅಥವಾ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅವು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳಾಗಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇದೆ.

ಭಾರೀ ಖಭೌತ ಸಾಂದ್ರ ಪರಿವೇಶಿ ವಸ್ತುಗಳು MACHO, (Massive Astrophysical Compact Halo Objects, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಇಂತಹ ಪ್ರಥಮಾಕ್ಷರಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದೆಂದರೆ ಇಷ್ಟ) ಒಂದು ಸಮಾನ ಗುಣಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ: ಅವು 'ಸಾಮಾನ್ಯ' ದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ನಾವು ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ದ್ರವ್ಯ (ಅಥವಾ ಪದಾರ್ಥ) ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಪ್ರೋಟಾನ್, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯದು, ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಉಳಿದೆರಡಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹಗುರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಬೇರಿಯಾನ್ಸ್ (Baryons) ಎನ್ನುವ ಮೂಲಕಣಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರುತ್ತವೆ. (ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಬೇರಿಸ್ Barys ಎಂದರೆ ಭಾರ ಎಂದರ್ಥ). ಆದ್ದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕೆ ಬೇರಿಯಾನಿಕ್ ದ್ರವ್ಯ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಈಗ, ಈ ಹಿಂದೆ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲಾದ MACHO ಗಳು ಬೇರಿಯಾನಿಕ್ ದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಅವು ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುವು. ನಮ್ಮ ನಿಹಾರಿಕೆಯು ನಾವು ಎಣಿಸಿದಂತೆ MACHO ಗಳಿಂದ ತುಂಬಿ ಹೋಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ನಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗಬೇಕು. ಅವುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲೆಂದೇ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ಅಂತಹವುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವಲ್ಲಿ ವಿಫಲವಾಗಿವೆ. ಇನ್ನಿತರ ಕೆಲವು ವಾದಗಳೂ ಇದ್ದು ಅವೆಲ್ಲವುಗಳನ್ನು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಾಗ ಒಂದು ವೇಳೆ ಅಂತಹ MACHO ಗಳು ನಿಜಕ್ಕೂ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿ ಇವೆ ಎಂದಾದರೆ ನಮ್ಮ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ಅವುಗಳ ಕೊಡುಗೆ ಕೇವಲ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದೆ. ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿನ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದಂತಲ್ಲದೆ, ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವು ಅಸಾಮಾನ್ಯ ಎನ್ನಬಹುದಾದ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬ ಅನಿವಾರ್ಯ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ನಾವೀಗ ಬರುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಅಂತಹ ಪದಾರ್ಥ ದುರ್ಬಲ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಭಾರಿ ಕಣಗಳು (Weakly Interacting Massive Particles, WIMPs ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಥಮಾಕ್ಷರಿ!) ಅಥವಾ

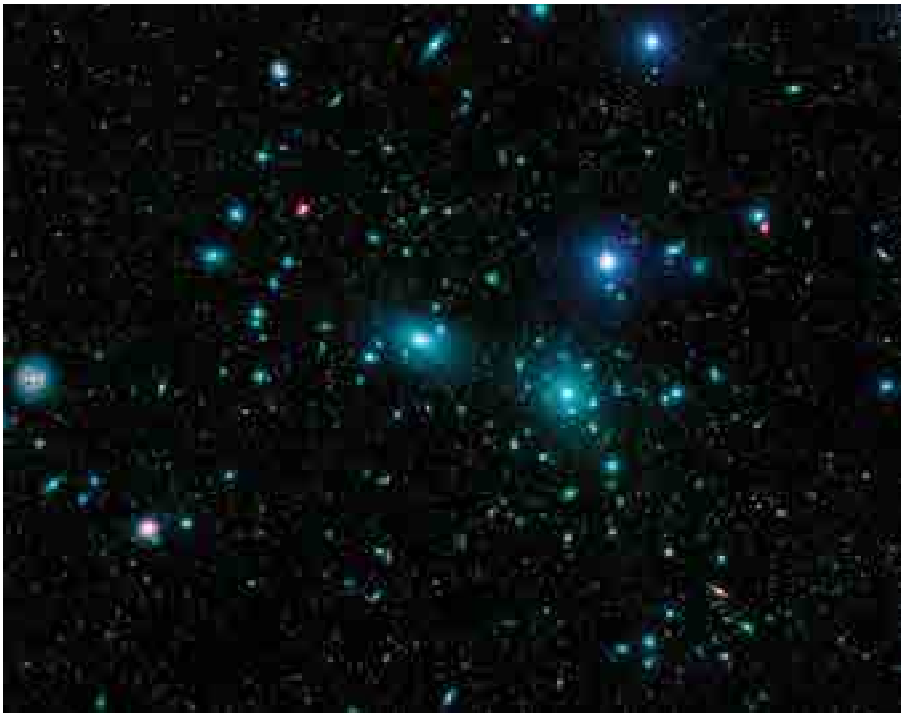
ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಅತಿಶಯ ಸಮ್ಮಿತಿ (Super symmetry)

೧೯೭೦ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ, ಕೆಲವು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯು 'ಅತಿಶಯ ಸಮ್ಮಿತಿ' ಎಂಬ ಹೊಸ ರೀತಿಯ ಸೌಷ್ಠವವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದು, ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಅನ್ವೇಷಿಸದ ಇನ್ನಿತರ ಮೂಲಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟರು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 1/2 ಭ್ರಮಣ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು (1/2 spin) ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ೦ ಭ್ರಮಣ ಮೌಲ್ಯದ ಅತಿಶಯ ಸಹಭಾಗಿಯನ್ನು (Super Partner) ಹೊಂದಿರಬಲ್ಲದು. ಇದುವರೆಗೂ ಕಣ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಲ್ಲಿ ಇವು ಕಂಡುಬಾರದಿರುವುದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ಅತಿಶಯ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಬಹಳ ಭಾರವಾಗಿರಲೇಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಮಾಣಿತ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಅತಿಶಯ ಸಮ್ಮಿತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರೆ WIMP ಗಳು ಸೇರಿದಂತೆ ಇನ್ನೂ ಅನ್ವೇಷಿಸದ ಹಲವಾರು ಬೃಹತ್ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಮಾದರಿಯು ನಮಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

WIMP ಎಂಬ ಒಂದು ವಿಧದ ಕಣಗಳು ಆಗಿರಬಹುದೇ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟೋ ಪಾಲು ಭಾರವಾಗಿರುವ ಈ WIMP ಗಳು ದುರ್ಬಲ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗಳ ಮುಖಾಂತರ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತವೆ. 1983ರಲ್ಲಿ w- ಬೊಸಾನ್‌ಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಿಂದ ಮೊದಲ್ಗೊಂಡು 2012 ರಲ್ಲಿ ಹಿಗ್ಸ್ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯವರೆಗೂ ಬಹಳ ಸಫಲತೆಯನ್ನು ಕಂಡಿರುವ ಪ್ರಮಾಣಿತ ಕಣ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಅಂತಹ ಕಣಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಒಪ್ಪುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ವೇಳೆ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಪರಿವೇಶಗಳು (ವಲಯ) ಬಹುತೇಕ WIMP ಗಳಿಂದಲೇ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಕಣ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು 'ಪ್ರಮಾಣಿತ ಮಾದರಿ' (Standard Model) ಯನ್ನು ಮೀರಿ ಮುಂದೆ ಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಿರಿದು ಕಿರಿದಾದವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಈ ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಬಹಳ ರೋಚಕವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ: ನೂರಾರು ಸಾವಿರಾರು ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಗಾತ್ರವಿರುವ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಪರಿವೇಶಗಳು ನಾವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕಿಂತಲೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪುನರ್‌ಚಿಂತಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ! ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ ಸಿದ್ಧಾಂತಿಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೇರೆಯೇ ಆದ ಕಾರಣಗಳಿಗೆ 'ಪ್ರಮಾಣಿತ ಮಾದರಿ'ಯಿಂದ ಆಚೆಗೆ ನಾವು ಚಿಂತಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ ಎಂದು ಸಲಹೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತಲೇ ಇದ್ದಾರೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ 'ಅತಿಶಯ ಸಮ್ಮಿತಿ' (Super Symmetry) ಎಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಪ್ರಚಲಿತದಲ್ಲಿದ್ದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಅಂತಹ 'ಅತಿಶಯ ಸಮ್ಮಿತಿ' ಆಧಾರಿತ ಮಾದರಿಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ WIMP ಕಣಗಳತ್ತ ಕರೆದೊಯ್ಯುತ್ತವೆ.

ನಿಹಾರಿಕೆ ಸಮೂಹಗಳಲ್ಲಿನ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ

ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಅತಿ ದೊಡ್ಡದಾಗಿದ್ದರೂ ಅವು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಬೃಹತ್ತಾದ ಸಂರಚನೆಗಳೇನಲ್ಲ. ಬಹಳಷ್ಟು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸೆಳೆತದಿಂದ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಹಿಡಿದಿಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ 100-1000 ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಸಮೂಹವಾಗಿಯೇ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣಗಳಂತೂ ದಿಗ್ಭ್ರಮೆಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ: ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ



ಚಿತ್ರ 2. ಕೋಮಾ ಸಮೂಹದ ಸಂಯೋಜಿತ ಚಿತ್ರ.

Source: NASA / JPL-Caltech / L. Jenkins (GSFC), Wikimedia Commons. License: Public Domain. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ssc2007-10a1.jpg.

ಸಮೂಹದ ಗಾತ್ರ 10^{-20} ಮಿಲಿಯನ್ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷದಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು 320 ಮಿಲಿಯನ್ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷದಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕೋಮಾ ಸಮೂಹವನ್ನು (Coma Cluster) ವನ್ನು **ಚಿತ್ರ 2** ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರದಂತೆ ಕಾಣುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಯವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು ಶತಕೋಟಿ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ನಿಹಾರಿಕೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಮೂಲಕ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಕೊಂಡಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ದೀರ್ಘಕಾಲದಿಂದ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಘಟಕಗಳ ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಸುಮಾರಾಗಿ ಅಂತರಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ (energy of Interaction) ಸಮನಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಾವು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿಯು ಸರಾಸರಿ ಅಂತರ್ಗತಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ, ನಮಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಕೊಂಚ ವಿಭಿನ್ನವಾದುದೇ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ: ಬಹಳಷ್ಟು ಸಮೂಹಗಳಲ್ಲಿ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ನಾವು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ನೀವು ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಏನೆಂದು ಊಹಿಸಿರಬಹುದು: ಸಮೂಹದಾದ್ಯಂತ ದೃಗ್ಗೋಚರವಲ್ಲದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಇರುವ ಮೂಲಗಳು ಹರಡಿಕೊಂಡಿರುವುವು– ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, 1933 ರಲ್ಲಿ ಸ್ವಿಟ್ಜರ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್‌ನ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಫ್ರಿಟ್ಸ್ ಜ್ವಿಕಿ (Fritz Zwicky) ಎಂಬಾತ 'ಕೊಮಾ ಸಮೂಹ'ಕ್ಕೆ (Coma cluster) ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತನ್ನ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ, ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ, ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ (Dark Matter) ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು. ಆ ಸಮೂಹದ ಆಧುನಿಕ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ನಾವು **ಚಿತ್ರ 2** ರಲ್ಲಿ ನೋಡಿದೆವು. ಈ ಸಮೂಹದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಅದರಲ್ಲಿನ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ 400 ಪಟ್ಟು ಇದೆ ಎಂದು ಜ್ವಿಕಿ ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದನು. ಇದರಿಂದ, ಸಮೂಹವು ಬಹುತೇಕ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆಧುನಿಕ ಅಂದಾಜು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕೊಂಚ ಕಡಿಮೆ. ಆದರೆ, ಇಂತಹ ಸಮೂಹಗಳ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಶೇಕಡಾ 90 ರಷ್ಟು ಭಾಗವು ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವು ಇಷ್ಟು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹರಡಿಕೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಅರಿಯುವಲ್ಲಿ – ಅಂದರೆ, ಅದರ ಸಂರಚನೆ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸ – ಇವುಗಳ ಅರಿವನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಅದು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಇದು ನಿಜವೂ ಹೌದು– ಏಕೆಂದರೆ, ಇಂದು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ಸಂರಚನೆಗಳ ಉಗಮದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವು ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ ಎಂದು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡ ತಜ್ಞರು (Cosmologists) ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಸಮಸ್ತ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣವು ಕಿರು ಅಲುಗಾಟವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಗತಿಗಳು ಮತ್ತು ನಿಹಾರಿಕೆ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಸಮೂಹಗಳ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸ – ಇವೆರಡೂ ಅಂಶಗಳು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ 85% ನಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯವು ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಕೂಡಿದೆ ಎಂಬ ಮಾದರಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿಯೇ ಇವೆ.

ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಅಲುಗಾಟವನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನೇ ಗುರಿಯಾಗಿರಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಪ್ಲ್ಯಾಂಕ್ ಉಪಗ್ರಹದಿಂದ ನಮಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗಿರುವ ಇತ್ತೀಚಿನ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಅಂತರ್ಗತ ಶಕ್ತಿಯು ಈ ಕೆಳಗಿನಂತಿದೆ:

ಬೇರಿಯಾನೀಯ ದ್ರವ್ಯ 4.9%, ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ 26.8%, ಮತ್ತು ಕಪ್ಪುಶಕ್ತಿ 68.3%. ಕಡೆಯ ಪರಿಮಾಣವು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿ ಎನಿಸಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ಇದುವರೆಗೆ ಹೇಳಿಯೇ ಇಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಮಾಧ್ಯಮಗಳು ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪುಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಕುರಿತಾಗಿ ವರದಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಇವೆರಡೂ ಭಿನ್ನವಾದುವುಗಳು ಎಂದು ನಾವಿಲ್ಲಿ ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕಾದುದು ಆವಶ್ಯಕ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ವಿಭಿನ್ನ ದೂರದ ಮಾನದಂಡಗಳಲ್ಲಿ ವಿಭಿನ್ನ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ನಾವು ಈ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಕುರಿತ ಗಾಥೆಯ ಒಂದು ಭಾಗವೇ ಆಗಿದ್ದೇವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಒಂದೆಡೆ ಗ್ರಹ ಮುಂತಾದುವುಗಳು ಬೇರಿಯಾನಿಕ್ ದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಮತ್ತೊಂದೆಡೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯಗಳು ಬೇರಿಯಾನಿಕ್ ಅಲ್ಲದ ದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇದರ ನಿಖರ ಸ್ವಭಾವವು ಇಂದಿನ ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಷಯವಾಗಿದೆಯಲ್ಲದೆ, 'ಬೃಹತ್'ನೊಂದಿಗೆ – ಅಂದರೆ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ (cosmology)– ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಅತಿ 'ಸೂಕ್ಷ್ಮ'ವಾದುದರ – ಅಂದರೆ ಕಣ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ (partical Physics) – ನಮ್ಮ ಅರಿವಿನೊಂದಿಗೆ ಜೋಡಿಸುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು ನೂರುವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಯಾರೂ ಕಲ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಂತಹ ಸಂಗತಿ ಇದಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ರೋಚಕ ಕಾಲಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ನಾವು ಜೀವಿಸಿರುವುದು ನಮ್ಮ ಅದೃಷ್ಟ!

ಅಮಿತಾಭ್ ಮುಖರ್ಜಿ ಇವರು ದೆಹಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿದ್ದಾರೆ.
Email: amimukh@gmail.com

ಅನುವಾದಕರು: ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ

ಅನ್ಯ ಜಗತ್ತುಗಳಿಗಾಗಿ ಅನ್ವೇಷಣೆ

ಸುಮ ಎನ್. ಮೂರ್ತಿ

ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಆಚೆ ಬೇರೆ ಜಗತ್ತುಗಳಿವೆಯೇ? ನಾವು ಅವುಗಳಿಗಾಗಿ ಹೇಗೆ ಅರಸುತ್ತೇವೆ? ಅವುಗಳಿಂದ ನಾವು ಏನನ್ನು ಕಲಿಯಬಹುದು? ಲೇಖಕರು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಇತ್ತೀಚಿನ ಪ್ರಗತಿಗಳು ಬಹಿರ್ ಗ್ರಹಗಳ (Exoplanets) ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಹಿಂದೆಂದಿಗಿಂತಲೂ ಹೇಗೆ ಹೆಚ್ಚು ರೋಚಕವಾಗಿಸಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಅಪೂರ್ವತೆ ಹಾಗೂ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಅನನ್ಯತೆ ಬಗ್ಗೆ ಅನೇಕ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಮಾನವನ ಮನಸ್ಸನ್ನು ಬಹಳ ಹಿಂದಿನಿಂದಲೂ ಕಾಡುತ್ತಿವೆ. ಹದಿನಾರನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇಟಲಿಯ ತತ್ವಜ್ಞಾನಿಯದ ಜಿಯೊಡಾನೋ ಬ್ರೂನೊ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಆಚೆಗೂ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದನು. ಬ್ರೂನೋ ಪ್ರಕಾರ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಇತರ ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಜೀವಿಗಳನ್ನು ಪೋಷಿಸುತ್ತಿರುವ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತೆಯೇ ಇರಬಹುದು. ಇದೇ ಆಲೋಚನೆಗಳಿಗೆ ಧ್ವನಿಗೂಡಿಸುತ್ತ, ಸರ್ ಐಸಾಕ್ ನ್ಯೂಟನ್ 1713 ರ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಗ್ರಂಥ "ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಿಯಾ" ದಲ್ಲಿ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಈ ರೀತಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿದನು–

"... ಸೂರ್ಯ, ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಧೂಮಕೇತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಈ ಅತ್ಯಂತ ಸುಂದರವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಓರ್ವ ಬುದ್ಧಿವಂತ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ವಿಚಾರಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಹೊರಹೊಮ್ಮಲು ಸಾಧ್ಯ. ಹಾಗೂ, ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದಂಥ ಇತರ ಅನ್ಯವ್ಯೂಹಗಳಿಗೆ ಕೇಂದ್ರಗಳೇ ಆಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅವು ಕೂಡ ಅಂತಹುದೇ ವಿಚಾರಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ಅವೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಲೇಬೇಕು. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಏಕೆಂದರೆ, ಸ್ಥಿರವಾದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಂತೆಯೇ ಇದೆಯಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದಲೂ ಬೆಳಕು ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ ..."

ಒಂದು ಸೌರೇತರ ಗ್ರಹ ಅಥವಾ ಇಂದು ಅದನ್ನು ಕರೆಯುವಂತೆ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹವನ್ನು, ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಣೆ ಮಾಡುವ ಗ್ರಹ ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅನೇಕ ಮಂದಿ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ಈ ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿಕೊಂಡಿದ್ದರೂ, ಅಂತಹ ಹೇಳಿಕೆ ಮೊದಲು ದೃಢೀಕರಣಗೊಂಡಿದ್ದು 1992ರಲ್ಲಿ. ಆ ವರ್ಷ, ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ವಾಲ್‌ಜ್ಸ್ಯಾಕ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಡೇಲ್ ಫ್ರೈಲ್ ತನ್ನ

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಇತಿಹಾಸದ ಒಂದು ತುಣುಕು

ವಿಶ್ವ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಅರೆಸಿಬೊ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು 1990ರ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ದುರಸ್ತಿಗಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿದ್ದರಿಂದ ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯಕ್ಕೆ ಎಂದಿನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಲಭ್ಯವಿಲ್ಲದಂತಾಯಿತು. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿ ವಾಲ್ಸ್‌ಝಾನ್ (Wolszczan) ಈ ಅಪರೂಪದ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಸ್ಪಂದತಾರೆಗಳನ್ನು ಹುಡುಕಲು ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು. ಇದು PSRB1257+12 ಎಂಬ ಸ್ಪಂದತಾರೆಯ ಪತ್ತೆಗೆ ಮಾರ್ಗ ಕಲ್ಪಿಸಿತು ಮತ್ತು ನಂತರ ಅದರ ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿತು.

ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಮ್ಯಾಥ್ಯೂ ಬೆಯಲ್ಸ್‌ನ ಮುಖಂಡತ್ವದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ಸಮೂಹ ಸ್ಪಂದತಾರೆ PSR–1829–10 ನ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದ ಒಂದು ಗ್ರಹವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿತು. ಈ ಎರಡೂ ರೋಚಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲು ಅಮೆರಿಕ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಘ (American Astronomical Society) 1992ರ ಜನವರಿ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಅಟ್ಲಾಂಟಾದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಭೆಯನ್ನು ಆಯೋಜಿಸಿತು.

ಆದರೆ, ಈ ಸಭೆ ಆಯೋಜನೆಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೇ ಬೆಯಲ್ಸ್‌ನ ನೇತೃತ್ವದ ಸಮೂಹ ಅಂತರ–ನಕ್ಷತ್ರೀಯ (Intrastellar) ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗಿದ್ದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷೆ ಮಾಡಿದ್ದರಿಂದ ತಮ್ಮ ಅನ್ವೇಷಣೆ ತಪ್ಪಾಗಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿತು. ಹಾಗೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮುದಾಯದಿಂದ ಅತಿಶಯ ಪ್ರಶಂಸೆಗೆ ಪಾತ್ರವಾದ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ನೈತಿಕತೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತಾ ಬೆಯಲ್ಸ್‌ರವರು ಸಾರ್ವಜನಿಕವಾಗಿ ಸಭೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ತಪ್ಪನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಾಲ್ಸ್‌ಝಾನ್ ಮತ್ತು ಫ್ರೈಲ್‌ರವರನ್ನು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಮೊದಲ ಸಮೂಹವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿದವರು ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಯಿತು.

(ವಾಲ್ಸ್‌ಝಾನ್‌ರ ಸ್ವಂತ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಈ ಘಟನೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರವನ್ನು ಓದಲು www.sciencedirect.com/science/article/pii S 13876473\\11000418 ಈ ಜಾಲತಾಣವನ್ನು ನೋಡಿ.)

ಜೀವಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿದ್ದು, ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದ PSR B1257+12 ಎನ್ನುವ ಒಂದು ಸ್ಪಂದತಾರೆಯ (ಪಲ್ಸಾರ್‌ನ) ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಣೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಮೂರು ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಇದಾದ ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಸ್ವಿಟ್ಜರ್‌ಲ್ಯಾಂಡಿನ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಡಿಡಿಯರ್ ಕ್ಯುಲಾಜ್ ಮತ್ತು ಮೈಕೆಲ್ ಮೇಯರ್ 51 ಪೆಗ್ ಎನ್ನುವ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತೆಯೇ ಇರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಹಳದಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಈ ಹುಡುಕುವಿಕೆಯ ಅನುಸರಣೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಅಮೆರಿಕಾದ ಪಾಲ್ ಬಟ್ಲರ್ ಮತ್ತು ಜಿಯೋಫ್ ಮರ್ಸಿ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಒಂದು ತಂಡ 1996ರಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿತು. ನಂತರದ ದಶಕದ ಕೊನೆಯೊಳಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ನೂರು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಈ ತಂಡ ಎಪ್ಪತ್ತು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿತು. 2009ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಕೆಪ್ಲರ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕದ (Kepler Space Telescope) ಉಡಾವಣೆ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಉಂಟುಮಾಡಿದೆ. ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಪುಲವಾದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಇತರ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ದೊರಕಬಹುದಾದ ಸುಳಿವುಗಳಿಗಾಗಿ ಈ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೆಕ್ಕಿ ನೋಡುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ವ್ಯಸ್ತರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ

ಒಂದು ಆಂಬುಲೆನ್ಸ್‌ನ ಸೈರನ್ ಅಥವಾ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಮೋಟರ್‌ಬೈಕ್ ನಿಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ವೇಗವಾಗಿ ಬಂದು ನಿಮ್ಮನ್ನು ಹಾದು ಹೋದಾಗ ಅದರ ಶಬ್ದದ ಸ್ಥಾಯಿ (pitch) ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಬದಲಾಗುವುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿದ್ದೀರಾ? ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ ಎನ್ನುವ ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಶಬ್ದ, ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ಇತರ ತರಂಗಗಳ ಆವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಹೆಚ್ಚಳ (ಅಥವಾ ಇಳಿಕೆ) ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಅಥವಾ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವ ಅಥವಾ ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಚಲಿಸುವ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಅವುಗಳಿಂದ ನಾವು ಪಡೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ಆವೃತ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಪಲ್ಲಟದ ಮಟ್ಟದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಸರಿಯುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು 'ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ' ಎಂದು, ಇದೇ ರೀತಿ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕು ಕಡಿಮೆ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 'ನೀಲಿ ಪಲ್ಲಟ' ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನಾವು ಹೇಗೆ ಹುಡುಕುತ್ತೇವೆ?

ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಲು ವಿವಿಧ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳು ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿದ್ದು, ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಉಪಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅವು ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಮತ್ತು ಅದರ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಪ್ರಭಾವಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದರ ಮೂಲಕ ನಿಶ್ಚಯಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದು ಏಕೆಂದರೆ, ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರ ಮತ್ತು ಅಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶ ಅವುಗಳ ಗ್ರಹ ಸಂಗಾತಿಗಳ ಹೊಳಪನ್ನು ಮೀರಿಸುತ್ತವೆ.

ಇದು ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ದೃಗ್ಗೋಚರ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ಪ್ರಖರತೆ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ (ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ ಅಂದರೆ 1 ಶತಕೋಟಿ) ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ನಾವು ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಪಡೆಯುವ ಪ್ರತಿ 1,000,000,000 ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳಿಗೆ, ಅದೇ ದೂರದಿಂದ ಜೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ನಿಂದ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಕಣವನ್ನು

ಚಿತ್ರ 1. ಒಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹಿಡಿಯುವುದು: ನಕ್ಷತ್ರವು ಗ್ರಹವ್ಯೂಹದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಅದು ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ನೀಲಿ-ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು-ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ.

Credits: NASA, Night Sky Network. URL: https://nightsky.jpl.nasa.gov/news-display.cfm?News_ID=682. License: Public domain.

ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ನಾವು ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಗುರು (ಜೂಪಿಟರ್) ಗ್ರಹವನ್ನು 15 ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷ ದೂರದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೂ ಅವೆರಡೂ ಪರಸ್ಪರ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯ 1/3600 ರಷ್ಟು ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕೂದಲು ಎಳೆಯ ಗಾತ್ರದಷ್ಟು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ! ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಗ್ರಹದ ಬಿಂಬವನ್ನೇ ಆಗಲಿ ನೋಡುವುದು ಒಂದು ಪ್ರಖರ ಬೆಳಕಿನ ಹತ್ತಿರ ಹಾರಾಡುತ್ತಿರುವ ಮಿಣುಕು ಹುಳದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ತೆಗೆಯುವಷ್ಟೇ ಸವಾಲಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಈ ಸಾದೃಶ್ಯದಿಂದ ನೀವು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಅಂಥಾ ಜಗತ್ತುಗಳನ್ನು (ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ನಿವಾಸಿಗಳನ್ನು-ಅಂಥವರು ಇದ್ದರೆ) ಅವುಗಳ ಪೂರ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ "ನೋಡಲು" ನಮಗೆ ಈಗ ಇರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಅಂಥ ಸುಧಾರಣೆಗಳು ಆಗುವವರೆಗೆ ಪ್ರಸ್ತುತವಿರುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಒದಗಿಸುವ ಮಾರ್ಗಗಳಿಂದ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತೀರ್ಮಾನಿಸುವುದನ್ನೂ ನಾವು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಈ ಮುಂದೆ ವರ್ಣಿಸಲಾಗಿದೆ.

ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ವೇಗ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆ (Radial Velocity Tracking)

ಇದು ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿರುವ ವಿಧಾನ. ನಿಜ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಕ್ಯೂಲೋಜ್ ಮತ್ತು ಮೇಯರ್ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ (ಸ್ಪಂದತಾರೆಯಲ್ಲದ) ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಮೊದಲ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರು.

ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಗ್ರಹವು ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಇದರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಸೆಳೆತವು ಪೋಷಕ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಓಲಾಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರದ ಈ ಅಲ್ಪ ಚಲನೆಯನ್ನು ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮದ (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ) ಸಹಾಯದಿಂದ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಬಳಸಬಹುದು.

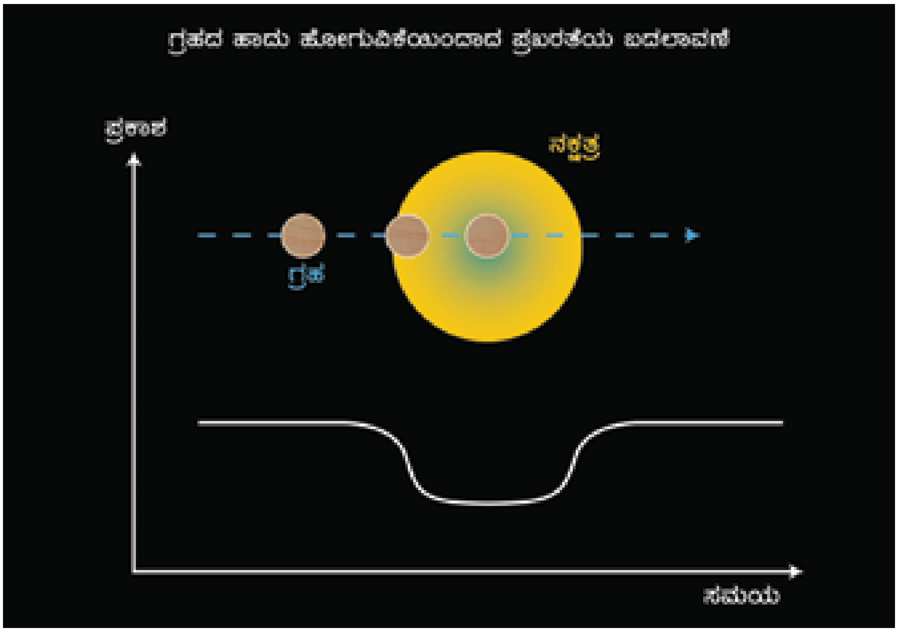
ಜೂಪಿಟರ್‌ನಂಥ (ಗುರು) ದೈತ್ಯ ಅನಿಲ ಗ್ರಹಗಳು ತಮ್ಮ ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಹತ್ತಾರು ಮೀಟರ್ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಓಲಾಡುವಷ್ಟು ಚಲನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಿಂದ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಅರ್ಧಮೀಟರ್ ವೇಗದಲ್ಲಿ (ನಾವು ಆರಾಮವಾಗಿ ನಡೆದಾಡುವಷ್ಟು ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮ) ಆಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಓಲಾಟವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದು ಏಕೆ?

ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ವಿರೂಪಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ನಾವು ಮಾಡುವ ಅಳತೆಗಳ ನಿಖರತೆಗೆ ಮಿತಿಯೊಡ್ಡುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಆಚೆ ಒಂದು ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಇಡುವುದರಿಂದ ಈ ನಿರ್ಬಂಧವು ನಿವಾರಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶವು ಸ್ಥಿರವಾದ ವೀಕ್ಷಣಾ ವೇದಿಕೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಿಂದ ನಿಖರವಾದ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಬೇಕಾದ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. (ಹೋಲಿಕೆಗಾಗಿ **ಚಿತ್ರ 2** ನೋಡಿ)

ಚಿತ್ರ 2. ಭೂಮಿ-ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ – ಚಿಲಿದೇಶದ ಲಾಸ್ ಕಂಪ್ಯಾನಸ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯದಿಂದ (ಎಡಗಡೆ ಇರುವುದು) ಮತ್ತು ಹಬಲ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ (ಬಲಗಡೆ ಇರುವುದು) ಪಡೆದ ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಭಾಗದ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ಈ ಚಿತ್ರಗಳು ತುಲನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಹಬಲ್ ತೋರಿಸಿದ ಬಿಂಬದಲ್ಲಿ ಉತ್ತಮಗೊಂಡ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿದಿರಾ?

Source: NASA. URL: https://www.nasa.gov/content/hubbles-first-light. License: Public domain.



ಚಿತ್ರ 3. ಗ್ರಹವು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಪಡೆದ ಚಿತ್ರ – ಈ ಚಿತ್ರವು ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವು, ಗ್ರಹವೊಂದು ತನ್ನ ಮುಂದೆ ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಹೇಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಗ್ರಹವು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಮರೆಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಕಾಂತಿ ಕ್ರಮೇಣ ಕುಂದುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಗ್ರಹವು ಅದರ ಮುಂದೆ ಇರುವವರೆಗೂ ಅದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ ತರುವಾಯ ತನ್ನ ಮೊದಲ ಕಾಂತಿಯನ್ನೇ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.
Credits: SuperWASP, NASA. URL: http://www.superwasp.org/how.htm. License: Public domain.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುಧಾರಣೆಯೂ ಇತರ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಭೂಮಿಯಂಥ ಇನ್ನೂ ಸಣ್ಣದಾದ ಮತ್ತು ಶಿಲಾಮಯವಾದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಖಗೋಳ ಮಾಪನ (Astrometry)

ಖಗೋಳ ಮಾಪನ ಅಥವಾ ಅಸ್ಟ್ರೋಮೆಟ್ರಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಾವು ಈ ಮೊದಲೇ ನೋಡಿದಂತೆ, ಗ್ರಹವೊಂದರ ಇರುವಿಕೆ ಅದರ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಲ್ಲಾಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಅಲುಗಾಟ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪಲ್ಲಟದಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆ (ಪಲ್ಲಟ) ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿಖರತೆಯ ಮಾಪನಗಳ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ 2009ರವರೆಗೂ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ.

2013ರಲ್ಲಿ ಯುರೋಪಿಯನ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಏಜೆನ್ಸಿಯು ಕೇವಲ ಖಗೋಳ ಮಾಪನದ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿಯೇ ಗೈಯಾ (Gaia) ಎಂಬ ಒಂದು ಅಂತರಿಕ್ಷ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯವನ್ನು ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿದ ನಂತರ ಖಗೋಳ ಮಾಪನ ಮಹತ್ವ ಪಡೆಯಿತು. ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ತನ್ನ ಜೀವಿತಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಗೈಯಾ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯ ಸುಮಾರು 70,000 ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಪರಿಭ್ರಮಣ ಪಥಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನ (Transit Method)

ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರ ಮತ್ತು ಅದರ ಗ್ರಹ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಒಂದೇ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು-ಗ್ರಹವು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಅದನ್ನು ಮರೆಮಾಡಿದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಾವು ಸಂಕ್ರಮಣ (Transit) ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಗ್ರಹಣದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಎಂದಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಕಷ್ಟು ಕಾಲಾವಧಿಯವರೆಗೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗಿಸಿ ಇಟ್ಟಿರುವ ಅಧಿಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು (High resolution telescope)ಮಾಡುವ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಪೋಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ಪಥವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಈ ವಿಧಾನ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಂತಹ ಗ್ರಹ, ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಇಳಿತವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಇಂದಿನವರೆಗೆ, ಈ ವಿಧಾನ ಗರಿಷ್ಠ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಅದರಲ್ಲೂ ಭೂಮಿಯಂಥ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಫಲ ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಇಂತಹ ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಾನೆ ನಾವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಆಸಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದು! ಈ ಬೃಹತ್ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಪತ್ತೆಗೆ 2009ರಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿದ ಅಂತರಿಕ್ಷ-ಆಧಾರಿತ ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್ ಮುಖ್ಯ

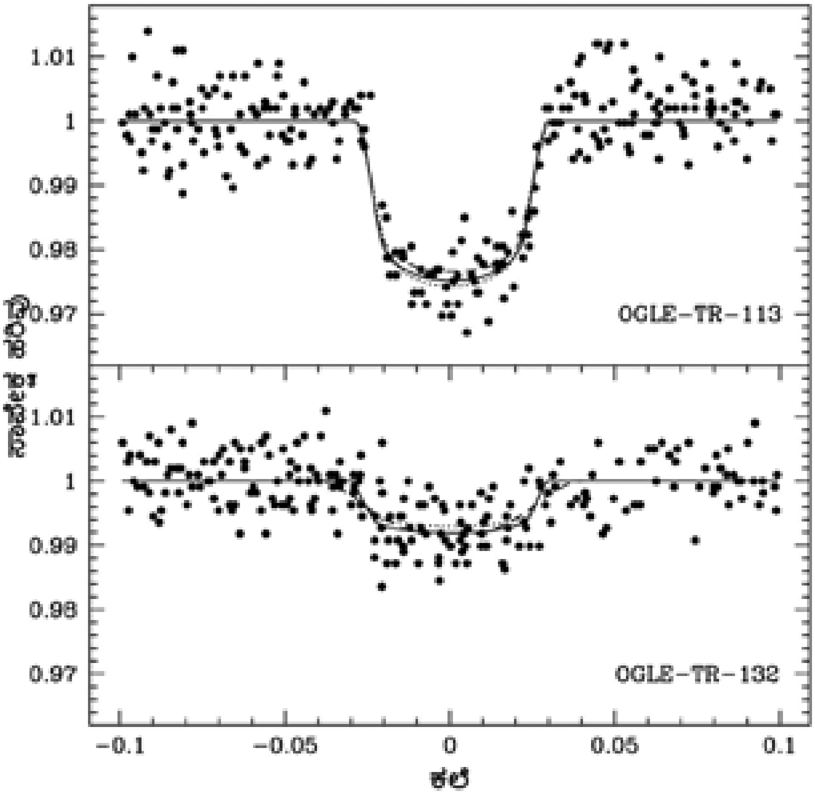
ಬಾಕ್ಸ್ 4. ಟ್ಯಾಬಿಯ ನಕ್ಷತ್ರ!

ನಕ್ಷತ್ರ KIC 8462852 ಮೊದಲು ಅದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಟ್ಯಾಬಿತಾ. ಎಸ್. ಬೊಯಾಜಿಯಾನ್ (Tabetha.S.Boyajian) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ನೆನೆಪಿಗಾಗಿ ಇಟ್ಟ ಅಡ್ಡ ಹೆಸರು-ಟ್ಯಾಬಿಯ ನಕ್ಷತ್ರವೆಂದೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ ಪಡೆದಿದೆ. ಈ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಕೆಪ್ಲರ್ ದೂರದರ್ಶಕ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿತು ಹಾಗೂ ಇದು ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗುವ ಮತ್ತು ಮಬ್ಬಾಗುವ ಘಟನಾವಳಿಯನ್ನು ತೋರಿಸಿತು ಎಂಬುದನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿತು. ನಕ್ಷತ್ರದ ಈ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆ ಅನ್ಯಗ್ರಹ (Extra-terrestrial) ಜೀವಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಉತ್ಸುಕತೆ ಇರುವವರು ಸ್ವಲ್ಪ ಸಮಯ ಎಚ್ಚರದಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿತು. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಾರಣಗಳ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ವಿಫಲವಾದಾಗ, ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದು ಮುಂದುವರಿದ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಜನ ಕಟ್ಟಿರಬಹುದಾದ ಡೈಸನ್ ಹಿಂಡುಗಳು (Dyson's swarms) ಎನ್ನುವ ಸಂರಚನೆಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿರಬಹುದೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಆದರೆ, ಅನ್ಯಗ್ರಹ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಯ ಅನ್ವೇಷಣೆ (Search for extra-terristrial Intelligence-SETI) ಎಂಬ ತಂಡವೊಂದು ಈ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತಮುತ್ತ ಇರಬಹುದಾದ ಬುದ್ಧಿವಂತ ಅನ್ಯಗ್ರಹ ಜೀವಿಗಳಿಂದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಿದಾಗ ಅಂತಹ ಯಾವ ಸಂಕೇತವೂ ದೊರೆಯಲಿಲ್ಲ.

ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಈ ಮಿಷನ್ ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೂ ಕಡಿಮೆ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ (Milky way) ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್ ಇದುವರೆಗೆ 4706 ಸ್ಥಾನಾನ್ವೇಷಿ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಿದ್ದು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ 2330 ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳೆಂದು ದೃಢಪಟ್ಟಿದೆ. ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್‌ನ ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಜನಕ ಯಶಸ್ಸಿಗೆ ಅದನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿರಿಸಿರುವುದೇ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ಗುರುತ್ವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನ (Gravitational Micro Lensing)

ಬೃಹತ್ ಕಾಯಗಳು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ನಮಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವ-ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನ (Gravitational Micro Lensing) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಸಮೀಪದ ಒಂದು ಮಂದ ಪ್ರಕಾಶದ ನಕ್ಷತ್ರ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದನ್ನು ಹಾದು ಹೋದಾಗ ದೂರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ವರ್ಧಿಸುತ್ತದೆ. ಉರಿಯುತ್ತಿರುವ ಮೇಣದ ಬತ್ತಿಯ ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ನಾವು ಒಂದು ವೈನ್‌ಗ್ಲಾಸ್‌ನ ತಳದ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಈ ಪರಿಣಾಮ ಸಾದೃಶ್ಯವಾಗಿದೆ. (**ಚಿತ್ರ 5**ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ)

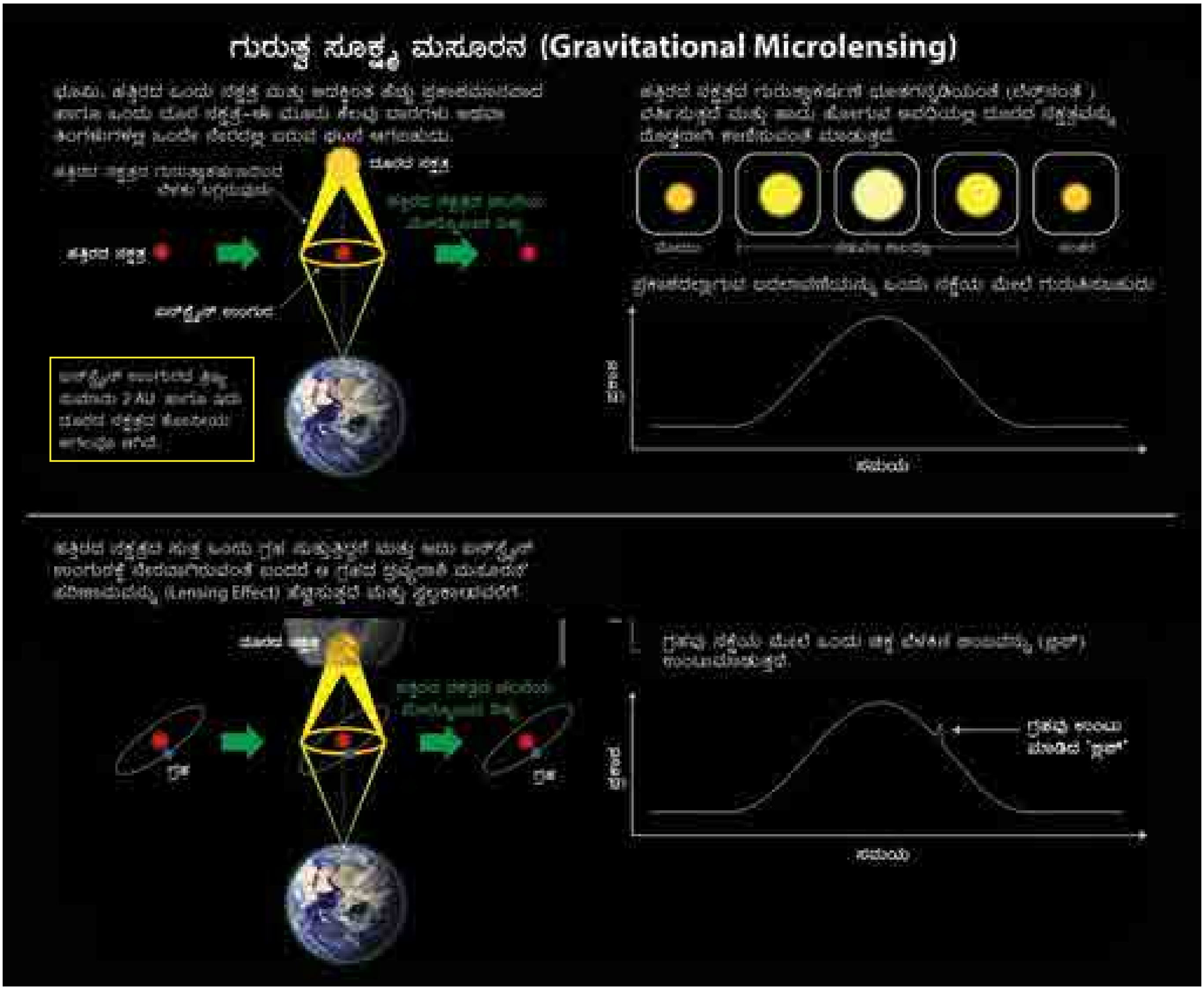


ಚಿತ್ರ 4. ವಾಸ್ತವ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ – ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಗಳು ಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಪೋಷಕವಾದ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಬದಲಾವಣೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೇಗೆ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.
Credits: ESO. URL: https://www.eso.org/public/news/eso0415/. License: Public domain.

ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೂರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಮೊದಲು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅದರ ಮುಂದಿರುವ ಅಗೋಚರ ನಕ್ಷತ್ರ ಅದನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುತ್ತಾ ಇದ್ದಂತೆ ಪ್ರಕಾಶವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಬಂದು, ಅದರ ಮುನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ದೂರ ಸರಿದು ಹೋದಾಗ ದೂರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಬೆಳಕು ಪುನಃ ತನ್ನ ಮೊದಲಿನ ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೆ ಹಿಂದಿರುಗುತ್ತದೆ. ಮುನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಸುತ್ತ

ಚಿತ್ರ 5. ಕೆಪ್ಲರ್‌ನ ಅಭೂತಪೂರ್ವ ಸಾಧನೆ! – ಈ ಹಿಸ್ಟೋಗ್ರಾಮ್ 1995 ರವರೆಗೆ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿರುವ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಕೆಪ್ಲರ್ ತಂಡ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಸಾವಿರ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿದುದನ್ನು ಘೋಷಿಸಿದ ನಂತರ ಗ್ರಹಗಳು ಪತ್ತೆಯಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಏರಿಕೆಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.
Credits: NASA. URL: https://www.nasa.gov/content/exoplanet-discoveries. License: Public domain.

ಚಿತ್ರ 6. ಗುರುತ್ವ ಮಸೂರದ ಒಂದು ಮಾದರಿ – ಒಂದು ವೈನ್ ಗ್ಲಾಸ್ ತನ್ನ ಹಿಂದೆ ಇರಿಸಿದ ಮೇಣದಬತ್ತಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿರೂಪ ಗೊಳಿಸುವ ರೀತಿಯು ಬೃಹದಾಕಾರದ ವಸ್ತುಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ವಿರೂಪ ಗೊಳಿಸುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಬಹುಪಾಲು ಹೋಲುತ್ತದೆ.
Credits: KIPAC, Kavli Insitute of Particle Physics and Cosmology. URL: http://kipacweb.stanford.edu/research/gravitational_lensing. License: Public domain.

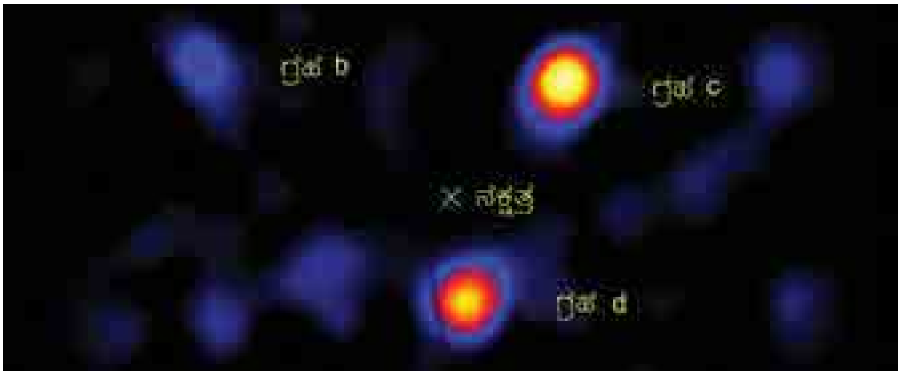


ಚಿತ್ರ 7. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನದ (Microlensing)ವಿವರ – ಗುರುತ್ವ ಮಸೂರನ ತಂತ್ರ ಹೇಗೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಚಿತ್ರ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.
Credits: LCOGT, IFLSCIENCE. URL: https://lco.global/files/spacebook/Gravitational%20Microlensing%20timeline.png. License: Public domain.

ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಗ್ರಹವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಈ ಗ್ರಹವೂ ಅಲ್ಪಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. (**ಚಿತ್ರ 6**ನ್ನು ನೋಡಿ). ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತೀರ್ಮಾನ ಕೈಗೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಚಿತ್ರಣ (Direct Imaging)

ಈ ಮೊದಲೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ದೃಗ್ಗೋಚರ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಶತಕೋಟಿಯಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ,



ಚಿತ್ರ 8. ನೇರಹೊರೆಯವರ ಫೋಟೋ ತೆಗೆಯುವುದು – ಈ ಚಿತ್ರ HR8799 ಎಂಬ ಒಂದೇ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಮೂರು ಗ್ರಹಗಳಿಂದ – HR8799 b, c ಮತ್ತು d– ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಬಗ್ಗೆ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. X ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿರುವ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರವಿದೆ. ಮೂರು ಗ್ರಹಗಳೂ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ಗ್ರಹದಂತೆ, ಆದರೆ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕ ಗಾತ್ರದ ಅನಿಲ ದೈತ್ಯಗಳು ಎಂದು ಯೋಚಿಸಲಾಗಿದೆ.
Credits: NASA/JPL-Caltech/Palomar Observatory. URL: http://www.nasa.gov/topics/universe/features/exoplanet20100414-a.html. License: Public domain.

ಬಾಕ್ಸ್ 5. ಅವು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುವು ಎಂದು ನೋಡಿ!

ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾದ ಎಲ್ಲ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆ ತಂತ್ರಗಳು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುವು ಎಂದು ನೋಡಲು https://exoplanets.nasa.gov/interactable/11/. ಎಂಬ ಜಾಲತಾಣಕ್ಕೆ ಭೇಟಿ ಕೊಡಿ.

ಅವಗೆಂಪು (Infrared) ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ–ಅಂದರೆ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಧೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ–ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಗುರು ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ (ಜ್ಯೂಪಿಟರ್‌ಗಿಂತ) ನೂರು ಪಟ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದೆ. ಅನುಕೂಲಕರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ, ಈ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹದ ಚಿತ್ರಣ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಗ್ರಹ ಅದರ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದು, ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ನಾವು ಮರೆಮಾಡಿದರೆ, ಮಂದ ಬೆಳಕಿನ ಗ್ರಹವು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಚಿತ್ರಣ ವಿಧಾನ ಇತೀಚೆಗಷ್ಟೆ ಆರಂಭವಾಗಿದ್ದು, ಇದುವರೆಗೆ ಸುಮಾರು 33 ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸಿದೆ.

ದಾಪುಗಾಲನ್ನು ಇಡುವುದು!

ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಜೀವಿತಾವಧಿ ನಮ್ಮ ಜೀವಿತಾವಧಿಗಿಂತ ಊಹಿಸಲಾಗದಷ್ಟು ದೀರ್ಘವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದರ ಉಗಮ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಅನೇಕ ಪೀಳಿಗೆಗಳ ನಿರಂತರ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ವಿಕಾಸದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿರುವ ಇದೇ ರೀತಿಯ ವ್ಯೂಹಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಂದ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಉತ್ತಮ ಮಾರ್ಗವಾಗಿದೆ.

ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಂತೆ, ಇತರ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳ ಇರುವಿಕೆ ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾದುದೇನಲ್ಲ. ನಾವು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಲ್ಲೆವಾದರೆ ಮಾತ್ರ ಅವುಗಳ ಬಗೆಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವಾಗಿ, ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು 1992 ರಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹವನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿದಂದಿನಿಂದ ನಾವು ಬಹಳ ದೂರ ನಡೆದು ಬಂದಿದ್ದೇವೆ. ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಹಬಲ್ ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ಕೆಪ್ಲರ್‌ಮಿಷನ್ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಪ್ರಸ್ತುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಈಗಾಗಲೇ ಸೌರವ್ಯೂಹದಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಇರುವ ಸಾವಿರಾರು ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಗತಿ ಆದಾಗಲೂ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಅಮೇರಿಕಾದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯಾದ ನಾಸಾ (NASA) 2017ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನ ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹ ಸರ್ವೇಕ್ಷಣ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು (Transiting Exoplanet Survey Satelite-TESS) ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡುವ ವಿಶ್ವಾಸ ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆಯ ಗುರಿ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದಷ್ಟಿರುವ ಹಾಗೂ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡದಾದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ಪೋಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ಮಾಡುವುದಾಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ 2018ನೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪಥದಲ್ಲಡಲು ಯೋಜಿಸಿರುವ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕ (James Webb Space Telescope) ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ವಾತಾವರಣಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿ, ಆ ಜಗತ್ತುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಿಸರ ಸಂಬಂಧಿತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲುವುದು.

ನಾವೀಗ ನವಜಾತ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನೋಡಬಹುದು ಮತ್ತು ತನ್ಮೂಲಕ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳು ರೂಪುಗೊಂಡ ಆರಂಭಿಕ ಹಂತಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು; ಇವುಗಳಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹಿರಿಯ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳು ಗ್ರಹಗಳ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ; ಮೃತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕೆಲವು **ವೈಪರೀತ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು** (extreme planets) ಸಂಭಾವ್ಯ ವಿಕಾಸದ ವಿವಿಧ ಪಥಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ. ನಾವು ಈ ರೀತಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮದೇ ಆದ ಸೌರವ್ಯೂಹ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದರ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ನಾವು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ವಾತಾವರಣಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಾಸಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಇಲ್ಲಿಂದಾಚೆಗೆ ವಾಸಿಸಲು ಯೋಗ್ಯವಾದ ಜಗತ್ತುಗಳ ಮತ್ತು ಬುದ್ಧಿವಂತ ನಿವಾಸಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಕುತೂಹಲವನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸಲು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ನಾವು ಹಾಕಿರುವ ಪ್ರಮುಖ ದೊಡ್ಡ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 6. ನಾಗರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿರಿ!

ಆಕಾಶಗಂಗೆಯು ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್‌ನಂತಹ ಬೃಹತ್ ಯೋಜನೆಗಳಿಂದ ಅನ್ವೇಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳು ಇರುವ ಸ್ಥಳಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಆನಂದದಿಂದಲೇ ತಿಳಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಬೇಕಾದರೆ ಅಪಾರವಾದ ಮಾನವ ಸಂಪನ್ಮೂಲವು ಬೇಕಾಗುವುದು. 'ಪ್ಲಾನೆಟ್ ಹಂಟರ್ಸ್' (ಗ್ರಹಗಳ ಬೇಟೆಗಾರರು) ಒಂದು ನಾಗರಿಕ ಯೋಜನೆ. ಇದು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸುಳಿವು ನೀಡುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಹೊರಸೆಳೆಯಲು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಲ್ಲಿರುವ ಮಾನವನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಯೋಜನೆ ಸುಮಾರು 300,000 ಸ್ವಯಂಸೇವಕರನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಯೋಜನೆಗೆ ಅನೇಕ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮಾಡಿದ ಹೆಗ್ಗಳಿಕೆಯಿದೆ. ಟ್ಯಾಬಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ವಿಲಕ್ಷಣತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದದ್ದು ಈ ಯೋಜನೆಯೇ! ನಿಮಗೆ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುವ ಆಸಕ್ತಿಯಿದ್ದರೆ 'ಪ್ಲಾನೆಟ್ ಹಂಟರ್ಸ್' ಗುಂಪು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಸಂತೋಷದಿಂದ ನಿಮ್ಮನ್ನು ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. www.planethunters.org – ಈ ಜಾಲತಾಣಕ್ಕೆ ಭೇಟಿ ಕೊಡಿ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಜಗತ್ತುಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ನೆರವು ನೀಡಿ.

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: Kepler Mission Overview, NASA Ames/ W Stenzel, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:NASA-KeplerSpaceTelescope-ArtistConcept-20141027.jpg. License: Public Domain.

ನೀವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕೆ?

1. ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ತಂತ್ರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಬಹಳ ತಾಂತ್ರಿಕವಾದ ಲೇಖನ: http://www.mpia.de/homes/ppvi/chapter/fischer.pdf.
2. ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್ ಬಗ್ಗೆ: http://kepler.nasa.gov/ and http://www.nature.com/nature/journal/v513/n7518/pdf/nature13781.pdf.
3. ಗೈಯ ಮಿಷನ್ ಬಗ್ಗೆ http://sci.esa.int/gaia/ and https://arxiv.org/pdf/1411.1173v1.pdf.
4. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಇತ್ತೀಚಿನ ಹರಟೆಗಾಗಿ ಕೆಲವು ಜಾಲ ತಾಣಗಳು (ವೆಬ್ ಸೈಟ್‌ಗಳು http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html and https://exoplanets.nasa.gov/newworldsatlas/.
5. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಬರಲಿರುವ ಯೋಜನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ: https://tess.gsfc.nasa.gov/overview.html and http://www.jwst.nasa.gov/.

ಸುಮಾ ಎನ್. ಮೂರ್ತಿ ತಿರುವನಂತಪುರಂನಲ್ಲಿರುವ ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆಯಿಂದ (Indian Institute of Space sciece and Technology) ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಖಗೋಳ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ (Astronomy and Astrophysics) ತಮ್ಮ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಮುಗಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಅನುವಾದ: ಬಿ ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ
ಮಾನವನ ವಸಾಹತು

ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಜೊತೆಗಿನ ಸಂದರ್ಶನ

ಸುಮಾರು 70,000 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಹೋಮೋ ಸೇಪಿಯನ್‌ಗಳು ಆಫ್ರಿಕಾ ಖಂಡದಿಂದ ವಲಸೆ ಹೊರಟು ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತ ನೆಲೆಯೂರಿದರು. ಇಂದು, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಯೂರುವುದು ಮಾನವನ ಮುಂದಿನ ದೊಡ್ಡ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಲಿದೆ. ಭೂಮಿಯಂತೆ ಇರುವ ಹಾಗು ಭೂಮಿಯ ಸಮೀಪವೂ ಇರುವ ಮಂಗಳ ಗ್ರಹವು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಈ ನಿಟ್ಟಿನ ನಮ್ಮ ಪ್ರಯತ್ನದ ಮೊದಲ ಗ್ರಹವಾಗಿದೆ. ಮಾನವ ಕುಲವು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದತ್ತ ಚಾಚಿ, ಹಲವಾರು ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯೂರಿ, ವಿಶ್ವದಾದ್ಯಂತ ಹರಡಿರುವ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಲು ತಕ್ಕುದಾದ ಜೀವಿ ಎಂದೇ ಹಲವರು ಭಾವಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಮಾನವ ಸಹಿತ ಮಂಗಳ ಯಾನ ಸೇರಿದಂತೆ ಮಂಗಳನಲ್ಲೇ ಶಾಶ್ವತ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಹಲವಾರು ಸಂಸ್ಥೆಗಳು ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಅವಿರತ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಈ ದಶಕವು ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನವು ಖಾಸಗಿ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಾಗಿವೆ ಎಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ ವಿಚಾರ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ವಸಾಹತುವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಖಾಸಗೀ ಸಂಸ್ಥೆಗಳು ಹುಯಿಲೆಬ್ಬಿಸುತ್ತಾ ಧುಮುಕಿದ್ದು ಆ ಕುರಿತ ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಎಲ್ಲರನ್ನು ತುದಿಗಾಲಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುವಂತೆ ಮಾಡಿವೆ. ಮುಂದಿನ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ವಸಾಹತನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ತಾನೂ ಕೂಡ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದೇನೆ ಎಂದು ಅರುಹಿರುವ ಖಾಸಗಿ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಎಂಬ ಸಂಸ್ಥೆಯೂ ಒಂದು. ಈ ಕೆಳಗಿರುವುದು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ತಂಡದ ಜೊತೆಗಿನ ಸಂದರ್ಶನ. ಈ ಸಂದರ್ಶನದ ಉದ್ದೇಶ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯೂರುವ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ತಂಡದ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅಚ್ಚರಿದಾಯಕ ಪಾಠಗಳನ್ನು ಅರಿಯುವುದೇ ಹೊರತು ಅದಕ್ಕೆ ಸಮ್ಮತಿಯ ಮುದ್ರೆಯನ್ನೊತ್ತುವುದಲ್ಲ – ಸಂಪಾದಕ.

ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಕುರಿತು ಸ್ವಲ್ಪ ವಿವರಿಸಬಹುದೇ?

ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಲಾಭಕ್ಕಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಕುಲದ ಶಾಶ್ವತ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದೇ ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನಾವು ನಿರ್ಮಿಸುವ ವಸಾಹತುವು ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಆಯ್ದ ಹಾಗು ಸೂಕ್ತ ತರಬೇತಿ ಪಡೆದ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಮುನ್ನ ಹಲವಾರು ಬಾರಿ ಮಾನವ ರಹಿತ ನೌಕೆಗಳನ್ನು ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಕಳುಹಿಸುತ್ತೇವೆ. ಎರಡು ಸಾವಿರದ ಇಪ್ಪತ್ತನೆ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾಗುವ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾನವರಹಿತ

ಚಿತ್ರ 1. ಯೋಜಿತ ವಸಾಹತುವಿನ ಒಂದು ನೋಟ.
Source: Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/

ನೌಕೆಗಳು ರೋವರ್ಸ್ (ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವ ವಾಹನ), ಸರಕುಗಳು, ಜೀವಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಹಲವಾರು ಸಾಧನಗಳು ಹಾಗು ಮಾನವ ವಸಾಹತುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಬಳಕೆಯಾಗುವ ಅನೇಕ ಸಾಧನ, ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯಲಿವೆ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ನೆಲೆ ಪೂರ್ಣಗೊಂಡ ಬಳಿಕ ನಾಲ್ವರು ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ತಂಡವು ಅಲ್ಲಿಗೆ ತಮ್ಮ ಒಮ್ಮುಖ ಪ್ರಯಾಣವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ಆ ಗ್ರಹವನ್ನು ಸುಮ್ಮನೇ ಸಂದರ್ಶಿಸದೇ, ಅಲ್ಲಿಯೇ ನೆಲೆಸಿ, ಮಂಗಳ ಗ್ರಹವನ್ನು ಪರಿಶೋಧಿಸಿ, ಅಲ್ಲಿಯೇ ಮಾನವ ಸಂಕುಲದ ಎರಡನೆಯ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಿದ್ದಾರೆ.

ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಸಂಕುಲವು ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗಾಣಲು ಎಷ್ಟು ಸಮಯ ಬೇಕಾಗಬಹುದು?

ಎರಡು ಸಾವಿರದ ಇಪ್ಪತ್ತಾರರಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾಗುವ ಈ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಪ್ರತೀ 26 ತಿಂಗಳಿಗೊಮ್ಮೆ ಹೊಸ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಮಂಗಳಕ್ಕೆ ಪ್ರಯಾಣಿಸುತ್ತಾರೆ. ಮೊದಲ ಪ್ರಯಾಣದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ನಾಲ್ಕು ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳ ಸಣ್ಣ ತಂಡವಷ್ಟೇ ನೆಲೆಯೂರಿದರೂ, ನಂತರ ಪ್ರತೀ 26 ತಿಂಗಳಿಗೆ ಹೊಸದಾಗಿ ನಾಲ್ಕು ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಕ್ರಮೇಣ ಅಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಸಮುದಾಯವು ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಮಂಗಳ ಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಪ್ರಯಾಣಿಸುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆ ಮತ್ತು ಮಾನವ ಸಹಿತ ವ್ಯೋಮನೌಕೆಗಳ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಹಾಗು ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್‌ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಎಂತಹ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಯೋಜನೆಯು ಎದುರಿಸಬೇಕಿದೆ?

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಈಗ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿ ಇರುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನೇ ಹೆಚ್ಚೂ ಕಡಿಮೆ ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಈಗಾಗಲೇ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಕೂಡ ನಮ್ಮ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೇ ಅಗತ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾಗುವ ಸರಂಜಾಮುಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಬೇಕು, ಸೃಷ್ಟಿಸಬೇಕು ಹಾಗು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಂಪೆನಿಯಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ನಾವು ಸರಂಜಾಮುಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ ಮೂರನೆಯವರು ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾರೆ ಮತ್ತು ಅವರೊದಗಿಸುವ ಯಂತ್ರೋಪಕರಣಗಳನ್ನು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡು ನಮ್ಮ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ.

ಪ್ರಸ್ತುತ, ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಯೋಜನೆಯ ವಿನ್ಯಾಸವಿನ್ನೂ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿಯೇ ಇದೆ. ಈ ಯೋಜನೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಾಗಿರುವಂತಹ ಅನೇಕ ಪ್ರಮುಖ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ ಹಾಗು ಈ ಕುರಿತಂತೆ ಪ್ರಪಂಚದ ಅನೇಕ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹತ್ತಾರು ಸಂಭಾವ್ಯ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ತಗಲುವಂತಹ ಖರ್ಚು-ವೆಚ್ಚಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಶಾಶ್ವತ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವಂತಹ ಪ್ರತೀ ಪ್ರಮುಖ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಪರಿಕಲ್ಪಿಸಿ ರೂಪಿಸಲು ಮೊದಲ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಈಗಾಗಲೇ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಹಣಕಾಸಿನ ಸಹಾಯವನ್ನು ಮಾಡಲಿದೆ. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಪರಿಕಲ್ಪನಾವಿನ್ಯಾಸ ಅಧ್ಯಯನದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ ಮೇಲ್ದರ್ಜೆಗೆ ಏರಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ಪ್ಯಾರಗಾನ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಡೆವೆಲಪ್‌ಮೆಂಟ್ ಕಾರ್ಪೋರೇಷನ್ ಹಾಗು ಲಾಕ್‌ಹೀಡ್ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಸಂಸ್ಥೆಗಳು ಮೊದಲ ಹಂತದ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಮುಗಿಸಿವೆ.

ಸುಸ್ಥಿರ ಪಾರಿಸರಿಕ ಮಾದರಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ದೊಡ್ಡ ಹಾಗು ಸಣ್ಣ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಯಾವ ರೀತಿ ಕಾರ್ಯ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಂಡಿದ್ದೀರಿ?

ಮಂಗಳನ ವಾತಾವರಣವು ಯಾವುದೇ ರೀತಿ ಹಾನಿಗೀಡಾಗದಂತೆ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಅಗತ್ಯ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (ಈ ಕುರಿತಾಗಿ ನಾವು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತೇವೆ). ಮಂಗಳನ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನೂ ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ ಹಾಗು ಶಕ್ತಿಯ ಸಮರ್ಥ ಬಳಕೆ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಹಾಗೂ ದ್ರವ್ಯಗಳ ಸೋರಿಕೆಯನ್ನು ಕನಿಷ್ಠಗೊಳಿಸುವಂತೆ ಗಮನ ಹರಿಸಲಾಗುವುದು. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಲಭ್ಯವಿವೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯಿಂದ ತರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಅಥವಾ ಮಂಗಳನ ಮಣ್ಣಿನಿಂದಲೋ ಇಲ್ಲವೇ ವಾತಾವರಣದಿಂದಲೋ ಹೊರತೆಗೆಯಬೇಕು. ಭೂಮಿಯಿಂದ ತರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಸೌರ ವಿದ್ಯುತ್ ಫಲಕಗಳಿಂದ ವಸಾಹತುವಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುವುದು. ಇವೆಲ್ಲವುಗಳಿಂದಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ವ್ಯಕ್ತಿಗಿಂತ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆರೆಯೂರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ಹಾನಿಯುಂಟು ಮಾಡುವ ಸರಾಸರಿ ಪ್ರಮಾಣವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 2. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಇಳಿಯುವ ನೌಕೆ.
Source: Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/

ಜೊತೆಗೆ, ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ವಸಾಹತುವಿನ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಹಾಗೂ ಕಾರ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಸುಸ್ಥಿರ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಮೇಲ್ದರ್ಜೆಗೇರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ಸುಧಾರಿಸಬಲ್ಲವು. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಪ್ರತೀ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನೂ ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ ಅನಿವಾರ್ಯತೆ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾಗಿರುವ ಸೋಲಾರ್ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಫಲಕಗಳ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳಿಗೆ ಬೇಡಿಕೆಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ತತ್ಸಂಬಂಧೀ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿ ವರ್ಧಕದಂತೆ ಆಗಬಲ್ಲವು. ಅನ್ಯ ಗ್ರಹವಾದ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ನವೀನ ಕೃಷಿ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಹಾಗು ಗಿಡಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸುವ ವಿಧಾನಗಳು ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹೇಗೆ ಉತ್ತಮಗೊಳಸಬಹುದು ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲಬಲ್ಲವು.

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಗಾಳಿ, ನೀರು ಹಾಗು ಆಹಾರದ ಸ್ವಾವಲಂಬನೆಗೆ ಯಾವ ರೀತಿ ಕಾರ್ಯ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಂಡಿದ್ದೀರಿ?

ನಾವು ಉಸಿರಾಡುವ ಗಾಳಿಯು ಹಲವಾರು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಾವು ಉಸಿರಾಡುವ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ 20% ಆಮ್ಲಜನಕವಿದ್ದರೆ, ಉಳಿದ 80% ಸಾರಜನಕವಿದೆ. ಜೊತೆಗೆ, ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಆರ್ಗಾನ್ ತರಹದ ಅನೇಕ ಅನಿಲಗಳು ಇವೆ. ನೀರನ್ನು ಆಮ್ಲಜನಕ ಹಾಗು ಜಲಜನಕಗಳಾಗಿ ವಿಘಟಿಸುವುದರಿಂದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ದೊರೆಯುವ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಮಂಗಳನ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಸಿರಾಡುವ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವಲ್ಲಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು. ಮಂಗಳನ ವಸಾಹತುಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಸೌರ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ರಾತ್ರಿಯ ಹೊತ್ತು ಮತ್ತು ಧೂಳಿನ ಬಿರುಗಾಳಿಯಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸೌರ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಅಭಾವವಿರುವುದರಿಂದ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಉತ್ಪಾದನೆ ತಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಅಂತಹ ಆಪತ್ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಶೇಖರಣೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಸಾರಜನಕ ಹಾಗು ಆರ್ಗಾನ್ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಮಂಗಳನ ವಾತಾವರಣದಿಂದಲೇ ಹೀರಿ, ಜಡ ಅನಿಲವಾಗಿ ಮಾನವರು ವಾಸಿಸುವ ನೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗುವುದು.

ಚಿತ್ರ ೩. ಸೌರ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಫಲಕಗಳು.
Source: Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/

ನೀರನ್ನು ಮಂಗಳನ ಮಣ್ಣಿನಿಂದ ಹೊರ ತೆಗೆಯಬಹುದು. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ರೋವರ್ ನೀರಿರಬಹುದಾದ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ಒಂದು ರೋವರ್ ಅನ್ನು ಕಳುಹಿಸುತ್ತದೆ. ಆ ಜಾಗದಲ್ಲಿನ ನೀರಿನ ಲಭ್ಯತೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ರೋವರ್ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಮಾನವ ವಸಾಹತನ್ನು ಎಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು ಎನ್ನುವ ಬಗ್ಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನ 40 ಮತ್ತು 45 ಡಿಗ್ರಿ ಅಕ್ಷಾಂಶದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದೆಂದು ನಮ್ಮೆಣಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಮಂಗಳನ ಆವಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ, ನೀರು ಹಾಗು ಉಸಿರಾಡುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಜೀವ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಉಪಕರಣಗಳ ನೀರನ್ನು ಹೊರತೆಗೆವ ಘಟಕದ ಮೇಲೆ ಅಂತರಿಕ್ಷ ವಾಹನವು ಬಗೆದು ತೆಗೆಯುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಮಣ್ಣನ್ನು ಇಡಲಾಗುವುದು. ನೀರನ್ನು ಹೊರತೆಗೆವ ಘಟಕವು ಆ ಮಣ್ಣನ್ನು ನೀರೆಲ್ಲಾ ಆವಿಯಾಗುವ ತನಕ ಬಿಸಿಮಾಡುತ್ತದೆ. ನೀರಾವಿಯನ್ನು ಸಾಂದ್ರೀಕರಿಸಿ, ಶೇಖರಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಣ ಮಣ್ಣನ್ನು ಚೆಲ್ಲಲಾಗುವುದು. ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ನೀರನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪುನರಾವರ್ತಿಸಲಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜೀವ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ಘಟಕದಲ್ಲೂ ಸುಮಾರು 1500 ಲೀಟರ್ ನೀರನ್ನು ಕಡಿಮೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಲಭ್ಯತೆಯಂತಹ ಆಪತ್ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡಲು ಶೇಖರಿಸಿಡಲಾಗುವುದು. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿಯೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ರೀತಿಯೇ ಅಲ್ಲಿಯೂ ನೀರನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು. ಪ್ರತೀ ಗಗನಯಾತ್ರಿಯೂ ದಿನಕ್ಕೆ 50 ಲೀಟರ್ ತನಕವೂ ನೀರನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾಗಿದೆ. ಮಂಗಳನ ಮಣ್ಣಿನಿಂದ ನೀರನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯು ಸಾಕಾಗುವುದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ತ್ಯಾಜ್ಯ ನೀರನ್ನು ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪುನರ್ಬಳಕೆಗೆ ಅಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಪ್ರಮಾಣದ ನೀರನ್ನು ಮಾತ್ರ ಮಂಗಳನ ಮಣ್ಣಿನಿಂದ ಹೊರತೆಗೆಯಲಾಗುವುದು.

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿವಾಸಿಗಳು ಹಸಿರು ಮನೆಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಆಹಾರವನ್ನು ತಾವೇ ಉತ್ಪಾದಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವರಾಗುತ್ತಾರೆ. ಆಹಾರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಸ್ಥಳಾವಕಾಶ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸುವಂತಹ ಮಂಗಳನಂತಹುದೇ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿ, ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ನ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗೂ ಹಸಿರು ಮನೆಯ ಉಪಕರಣದ ಬಳಕೆ ಮಾಡಲು ತರಬೇತಿ ಕೊಡಲಾಗುವುದು. ಮಂಗಳ ಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಕಾಲಿಡುವ ಮೊದಲ ತಂಡಕ್ಕೆ ಸಿದ್ಧ ಆಹಾರವನ್ನು ಅವರು ಅಲ್ಲಿ ತಲುಪುವ ಮೊದಲೇ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಳುಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾ ಆಪತ್ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪಡಿತರದಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಅನುವಾಗುವಂತೆ ಈ ಆಹಾರವನ್ನು ಶೇಖರಿಸಿಡಲಾಗುವುದು. ಸಸ್ಯಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಅಜಮಾಸು 80 ಚದರ ಮೀಟರು

ಚಿತ್ರ 4. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಒಳಗಿನ ತೋಟ.
Source: Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/

ಸ್ಥಳಾವಕಾಶವು ಅಲ್ಲಿನ ಆವಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಾಗಬಹುದು. ಮೊದಲ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳ ತಂಡ ನೆಲೆಯೂರಿದ ಹಲವಾರು ವಾರಗಳ ನಂತರ ಎರಡನೇ ತಂಡದ ಆವಾಸಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಕೆಯಾಗುವ ಸಾಮಾನು ಸರಂಜಾಮುಗಳು ಅಲ್ಲಿಗೆ ತಲುಪುವುದರಿಂದ ಮೊದಲ ತಂಡದವರು ಮುಂದೆ ಬರುವ ಜನರಿಗಾಗಿ ಮೀಸಲಿಟ್ಟ ಜಾಗಗಳಲ್ಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆಹಾರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು. ಆಹಾರದ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಒಳಾಂಗಣದ ಕೃತಕ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆವಾಸಗಳ ಮೇಲೆ ದಪ್ಪನಾಗಿ ಹರಡುವ ಮಂಗಳನ ಮಣ್ಣಿನ ಪದರವು ಸಸ್ಯಗಳನ್ನು (ಹಾಗು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿವಾಸಿಗಳನ್ನು) ವಿಕಿರಣಗಳಿಂದ ರಕ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಸಸ್ಯಗಳಿಗೆ CO_2 ಮಂಗಳನ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಹಾಗು ನೀರನ್ನು ಮಂಗಳನ ಮಣ್ಣಿನಿಂದ ಹೊರತೆಗೆದು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಸಸ್ಯಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವಂತಹ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯಿಂದ ತರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಅಥವಾ ಮಾನವ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೂ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಸಸ್ಯಗಳ ತಿನ್ನಲು ಬಾರದ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲವಾದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಮುಂದಾನೊಂದು ದಿನ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಳುಹಿಸುವ ಆಧುನಿಕ ಮರುಬಳಕೆಯ ಯಂತ್ರ ಬರುವ ತನಕ ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಶೇಖರಿಸಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು.

ಇವಿಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ, ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಪಾಚಿ ಸಸ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಕೀಟಗಳೂ ಕೂಡ ತಾಜಾ ಬೆಳೆಗಳ ಜೊತೆಗೆ ದೈನಂದಿನ ಆಹಾರವಾಗಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೆಚ್ಚಿದೆ. ಹೆಚ್ಚಾದ ಫಸಲನ್ನು ಆಪತ್ಕಾಲೀನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಭೂಮಿಯಿಂದ ಬರುವ ಆಹಾರ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ತನಕ ಬದುಕಿರಲು ಈ ಮೊದಲೇ ತರಿಸಿಕೊಂಡಂತಹ ಆಹಾರದ ಜೊತೆಗೆ ಪಡಿತರದಂತೆ ಶೇಖರಿಸಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗಬಹುದಾದ ದೈಹಿಕ ಹಾಗು ಆರೋಗ್ಯ ಸಂಬಂಧೀ ಸವಾಲುಗಳಾವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ನಿಭಾಯಿಸಲು ನೀವು ಹಾಕಿಕೊಂಡಿರುವ ಯೋಜನೆಗಳೇನು?

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರಯಾಣದುದ್ದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಮಂಗಳನ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಯೂರಿದ ನಂತರವೂ ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸುತ್ತಾರೆ (ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಗಿಂತ 62% ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿದೆ). ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಕೈಗೊಳ್ಳುವಂತಹ ದೀರ್ಘ ಕಾಲದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರಯಾಣವು ವ್ಯೋಮಯಾನಿಗಳ ಹಲವಾರು ಶಾರೀರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದಲ್ಲದೇ ಸ್ನಾಯುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕುಗ್ಗಿಸುತ್ತದೆ, ಅವರ ಕೆಲಸದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ತಗ್ಗಿಸುತ್ತದೆ ಹಾಗು ಮೂಳೆಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಿ ಅವರ ದೈಹಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಕುಗ್ಗಿಸುತ್ತದೆ. ಮಂಗಳನಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೆ ಹಿಂದಿರುಗುವ ಓರ್ವ ಯಾನಿಗಿಂತ ಅಲ್ಲಿಗೆ ಮೊದಲ ಬಾರಿ ಭೇಟಿ ಕೊಡುವ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ನ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯಾನಿಗಳು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿವಂತರಾಗಿರುತ್ತಾರೆ. ನಾಲ್ಕರಿಂದ ಆರು ತಿಂಗಳ ಕಾಲ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ (ISS) ಕಳೆದ ವ್ಯೋಮಯಾನಿಗಳ ಸ್ನಾಯುವಿನ ಕ್ಷಮತೆಯು 30% ತನಕ ಕ್ಷೀಣಿಸಿದ್ದು (ಮತ್ತು ಸ್ನಾಯುವಿನ ಪ್ರಮಾಣ 15% ನಷ್ಟು ಕುಸಿದಿದ್ದು) ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂತು.

ವ್ಯಾಯಾಮ, ಔಷಧೋಪಚಾರ ಹಾಗು ಪೋಷಕಾಂಶಗಳೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಹಲವಾರು ಬಗೆಯ, ಪ್ರಮಾಣಬದ್ಧವಾಗಿ ರೂಪಿಸುವ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಧೃಡಪಟ್ಟಿರುವ ಅನೇಕ ಪರಿಹಾರಗಳ ಮೂಲಕ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ಹಾಗು ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಕ್ಷೀಣಿಸುವುದನ್ನು ಕನಿಷ್ಠಗೊಳಿಸಲು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಕಟಿಬದ್ಧವಾಗಿದೆ. ಮಾನವ ಸಹಿತ ಮಂಗಳನ ಯಾನಕ್ಕೂ ಮುಂಚಿನ ಅಜಮಾಸು ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಸಿದ್ಧತೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನು ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವಂತಹ ನಿರಂತರ ಸಂಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಗತಿಯು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ವಸಾಹತುವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವದಕ್ಕೂ ಮುಂಚೆ ದೊರೆತಿರುವ ಈ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಸಮಯಾವಕಾಶವನ್ನು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್, ಅತ್ಯಂತ ಸಮರ್ಥ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳನ್ನು ಆರಿಸಲು ಹಾಗು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಲು ಮತ್ತು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆ ಮೂಲಕ ನಾವು ನಮ್ಮ ಗಮ್ಯವನ್ನು ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿ ಹಾಗು ಸಫಲವಾಗಿ ತಲುಪುತ್ತೇವೆ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಇಳಿಯುತ್ತಲೇ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳು ಅಲ್ಲಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಬಲವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಅಲ್ಲಿನ ವಾತಾವರಣಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಮರಳಿ ಪಡೆಯುವುದರಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾಗಬಲ್ಲರು. ಹೀಗಾಗಿ ಅವರ ಮೂಳೆಯು ಪುನಾರಚನೆಗೊಂಡು, ಅವರ ಮೂಳೆಗಳ ಬಲ ಹೆಚ್ಚಬಹುದು.

ಅಮೇರಿಕೆಯ ಗಗನಯಾತ್ರಿ ಶಾನನ್ ಲೂಸಿಡ್ ಅವರು ದೈಹಿಕ ವ್ಯಾಯಾಮಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾ ರಷ್ಯಾದ ಮೀರ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿ 188 ದಿನಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕ್ಷಮತೆಯೊಂದಿಗೆ ಕಳೆದರು. ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ಆರೋಗ್ಯ ಮತ್ತು ಉತ್ತಮ ದೈಹಿಕ ಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ವ್ಯೋಮನೌಕೆಯಲ್ಲೇ ಮಾಡಬಹುದಾದ ವ್ಯಾಯಾಮದಂತಹ ದೈಹಿಕ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಹೇಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಶಾನನ್ ಅವರು ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಅವರ ಕಾರ್ಯ ಸಮಾಪ್ತಿಯಾದ ಇಪ್ಪತ್ನಾಲ್ಕು ಘಂಟೆಗಳ ಒಳಗೇ ಅವರು ಯಾರ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆಯೇ ನಡೆಯಬಲ್ಲವರಾಗಿದ್ದರು.

Source: NASA, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shannon_Matilda_Wells_Lucid_1978.jpg. License: Public Domain.

ಮೊದಲ ವಸಾಹತುವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವ ಜನರಲ್ಲಿ ಒಂಟಿತನದಿಂದಾಗಿ ಏನಾದರೂ ಮಾನಸಿಕ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಕಂಡುಬರಬಹುದೇ? ಅವುಗಳ ಉಪಶಮನಕ್ಕೆ ನೀವು ಯಾವ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಆಲೋಚಿಸಿದ್ದೀರಿ?

ಈ ಪ್ರಯಾಣವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ಗಂಡಸರು ಮತ್ತು ಹೆಂಗಸರ ಯಶಸ್ಸಿಗೆ ಆಧುನಿಕ ತಾಂತ್ರಿಕತೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಷಯಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಿಂದ ಅಲ್ಲಿಗೆ ಹೋದರೂ ಕೂಡ ತಮ್ಮ ಪ್ರಯಾಣದಾದ್ಯಂತ ಬದುಕಿರಲು ಮತ್ತು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮಾಜವನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಲು ಒಂದು ತಂಡವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದು ಬಹುಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ನಾವು ಈ ಕುರಿತಾಗಿ ನಮ್ಮ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಅನುಭವಿಗಳಾದ, ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಮನೋವೈದ್ಯರ ಬಳಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ನಾಸಾ ಮತ್ತು ಜಾಕ್ಸಾ (ಜಪಾನ್ ಏರೋಸ್ಪೇಸ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪ್ಲೋರೇಶನ್ ಏಜೆನ್ಸಿ) ದ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ಆಯ್ಕೆಗಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದ ಡಾ. ನೋರ್ಬರ್ಟ್ ಕ್ರಾಫ್ಟ್ (Dr. Norbert Kraft) ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ತಂಡದ ಒಬ್ಬ ಸದಸ್ಯರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ದೀರ್ಘಾವಧಿಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರಯಾಣದ ನಕಾರಾತ್ಮಕ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ಅಗತ್ಯವಾದ ಶಾರೀರಿಕ ಹಾಗು ಮಾನಸಿಕ ಸಿದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವಲ್ಲಿ ಅವರು ನಿಷ್ಣಾತರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಬದುಕುಳಿಯಲು ಬಲು ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ನಡೆಯುವ ಯಾತ್ರಿಗಳ ಆಯ್ಕೆ ಹಾಗು ತಂಡದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಕೊಡಮಾಡುವ ವ್ಯಾಪಕ ತರಬೇತಿಯು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ವ್ಯಕ್ತಿಯನ್ನು ಹುಡುಕುತ್ತಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ ನಮಗೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳು ಬೇಕಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಮಂಗಳನೆಡೆಗಿನ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು ಯೋಗ್ಯ ಆಯ್ಕೆಯಾಗಿರಲಾರರು. ಮಂಗಳನೆಡೆಗಿನ ಪ್ರಯಾಣದ ಸಂದರ್ಭ ಹಾಗು ಅಲ್ಲಿಳಿದ ನಂತರ ದಿನದ ಇಪ್ಪತ್ನಾಲ್ಕು ಘಂಟೆಗಳೂ ಅವರು ಪರಸ್ಪರ ಜೊತೆಗೂಡಿ ಕಳೆಯಲೇಬೇಕು. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೇ ಸಣ್ಣ ಪುಟ್ಟ ವಿಚಾರಗಳೂ ಭೂತಾಕಾರವಾಗಿ ಕಾಡತೊಡಗುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳ ತಂಡದ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ತುಂಬ ಪ್ರಮುಖವಾದದ್ದು. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಅಂತಹ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳನ್ನೇ ಆರಿಸಿ, ಸೂಕ್ತವಾದ ತಂಡ ಕಟ್ಟಲು ಬದ್ಧವಾಗಿದೆ.

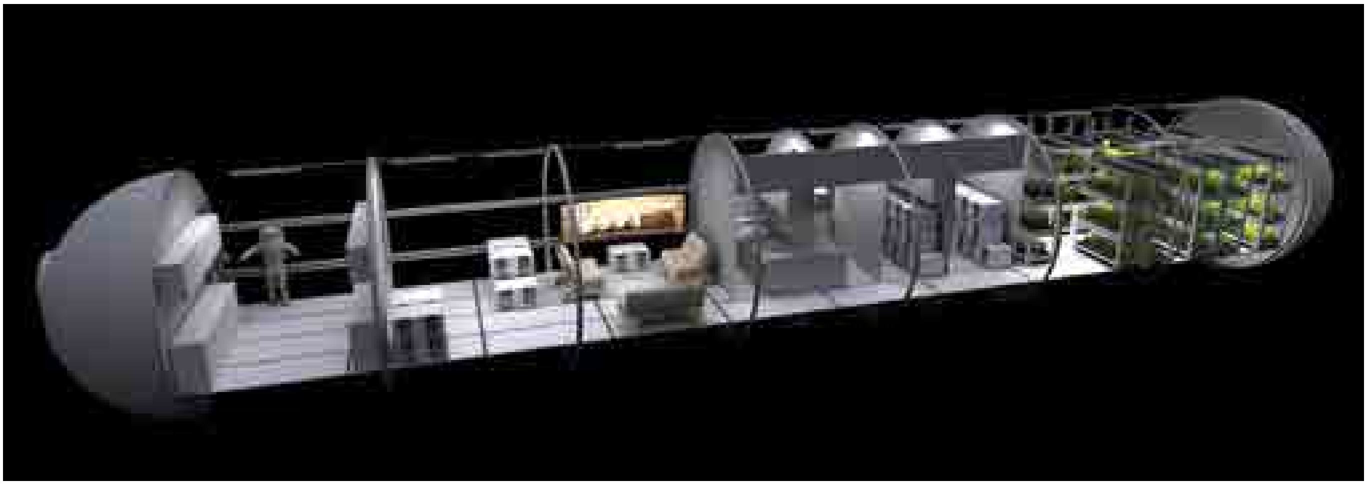
ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳು ಸದಾ ಕಾರ್ಯತತ್ಪರರಾಗಿರಲೇಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ, ಅವರು ಒಂದಲ್ಲಾ ಒಂದು ಚಟುವಟಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗುವಂತೆ ನಾವು ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಅವರು ತಮ್ಮ ನೆಲೆಯನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುತ್ತಾರೆ ಹಾಗು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಾಲಕಾಲಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುವ ನವೀನ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅಲ್ಲೇ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ನೆಲೆಯನ್ನು ಬೆಳೆಸುತ್ತಾರೆ. ಅವರು, ತಮ್ಮದೇ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಇತರರ ಸಂಶೋಧನೆಗಾಗಿ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು) ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಕಲೆಹಾಕುವಂತಹ ಕೆಲಸಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮನ್ನು ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳ ಜೊತೆಗೆ, ಎರಡು ವರ್ಷಗಳ ತರುವಾಯ ಮಂಗಳಕ್ಕೆ ಬಂದಿಳಿಯುವ ಎರಡನೆಯ ತಂಡಕ್ಕೂ ಸೂಕ್ತ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದಲ್ಲದೇ, ಉಲ್ಲಾಸ ತರುವ ದೈಹಿಕ, ಮಾನಸಿಕ ಮತ್ತು ರಚನಾತ್ಮಕ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಾದ ಆಟ, ಕಲೆ, ಕ್ರೀಡೆಗಳೂ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರತೀ ಎರಡು ವರ್ಷಗಳಿಗೊಮ್ಮೆ ಹೊಸತಾಗಿ ಬರುವ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳಿಂದಾಗಿ ಅಲ್ಲಿನ ನೆಲೆಯು ವಿಸ್ತಾರಗೊಂಡು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹಳ್ಳಿಯಂತಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಜನರನ್ನು ಸಲಹುವ ಆಕರ್ಷಕ ನೆಲೆಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಮಂಗಳನ ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಹಾಗು ಒತ್ತಡದ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಳ್ಳುವ ಯೋಜನೆ ಇದೆಯೇ?

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 38% ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಜೀವಿಸುವಾಗ ತಮ್ಮ ದೇಹವು ಯಾವ ರೀತಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ ಅಥವಾ, ಜಲಕೃಷಿ ಇಲ್ಲವೇ ಇನ್ನಿತರೆ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಆಹಾರ ಬೆಳೆಗಳು ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರೆ ಸಸ್ಯಗಳು ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದರ ಕುರಿತು ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳು ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಾರೆ. ಮಂಗಳನ ಗರ್ಭದ ಪುರಾತನ ಮತ್ತು ಇಂದಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಂತಹ ಅನ್ಯ ಗ್ರಹ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳನ್ನೂ ಅವರು ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಬಹುಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಜೀವಿಗಳಿದ್ದವೇ ಅಥವಾ ಈಗ ಜೀವಿಗಳಿದ್ದಾವೆಯೇ ಎನ್ನುವುದರ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಆದ್ಯತೆಯನ್ನು ನೀಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯೂರುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ಸು ಗಳಿಸಿದರೆ, ಮುಂದೊಂದು ದಿನ ಮಕ್ಕಳೂ ಅಲ್ಲಿಯೇ ಜನಿಸಬಹುದು. ಮಂಗಳನ ವಾತಾವರಣವು ಅಲ್ಲಿ ಜನಿಸುವ ಮಕ್ಕಳ ಆರೋಗ್ಯದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಬಲ್ಲದೇ?

ಕಡಿಮೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಮಹಿಳೆಯರು ಗರ್ಭ ಧರಿಸುತ್ತಾರೆಯೇ ಎನ್ನುವುದು ಇದುವರೆಗೂ ತಿಳಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರೂಣವು ಸಹಜವಾಗಿ ಬೆಳೆಯಬಲ್ಲದೇ ಎನ್ನುವುದರ ಕುರಿತೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಧ್ಯಯನಗಳಾಗಿಲ್ಲ.



ಚಿತ್ರ ೫. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ನ ಆವಾಸ.
Source: Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/

ಜೊತೆಗೆ, ಮಂಗಳನ ನೆಲೆಯು ಮಕ್ಕಳು ಬದುಕಿ ಬಾಳಲು ಸೂಕ್ತವಾದ ಸ್ಥಳವಲ್ಲ. ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳ್ಳುವ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ತಂಡವು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದು, ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ತೀವ್ರವಾಗಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಮತ್ತು, ಮಾನವ ವಸಾಹತುವಿನಲ್ಲಿ ತೀರ ಮೂಲಭೂತ ಔಷಧೋಪಚಾರ ಲಭ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಹೊಂದುವ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡದಂತೆ ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ನೆಲೆಗೊಳ್ಳುವ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳಿಗೆ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಸಲಹೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ, ಸುಸ್ಥಿರ ಮಾದರಿಯ ವಸಾಹತುವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಹೊಂದುವುದು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ ಎಂಬುದನ್ನು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದೊಂದು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಯೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾತಿಲ್ಲ.

ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ವಾಣಿಜ್ಯೀಕರಣದ ಸಾಧ್ಯತೆಯಾಗಿ ತೆರೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತಹ ಯೋಜನೆ ಇದೆಯೇ?

ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮನುಷ್ಯನ ಪ್ರಪ್ರಥಮ ನೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದು ಇಪ್ಪತ್ತೊಂದನೆಯ ಶತಮಾನದ ಹೆಗ್ಗುರುತಾಗಲಿದೆ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಜೀವಿತಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಅತ್ಯಂತ ಅಚ್ಚರಿದಾಯಕ

ಚಿತ್ರ ೬. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ನ ಆವಾಸದ ಹತ್ತಿರದ ನೋಟ.
Source: Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/

ಬೆಳವಣಿಗೆಯಾಗಲಿದೆ. ಪ್ರಪಂಚದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳ ಜನರು ಮಂಗಳನಲ್ಲಿ ಮಾನವನನ್ನಿಳಿಸುವ ನಮ್ಮ ಈ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ ಮತ್ತು ದೇಣಿಗೆಗಳನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಪ್ರತೀ ತಿಂಗಳೂ ನೂರಕ್ಕೂ ಅಧಿಕ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಿಂದ ನಾವು ದೇಣಿಗೆಯನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಮಂಗಳನೆಡೆಗಿನ ಮಾನವ ರಹಿತ ಮೊದಲ ಯಾನದ ತನಕವೂ ನಾವು ಸ್ವೀಕರಿಸುವ ದೇಣಿಗೆಗಳಿಂದ ಆದಾಯ ಬಂದರೂ ಮಂಗಳನ ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ಎಲ್ಲಾ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಈ ಹಣವು ಸಾಕಾಗದು. ಹೀಗಾಗಿ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ನ ಯೋಜನೆಯ ಬಹುಪಾಲು ಖಾಸಗೀ ವಲಯದಿಂದ ಹಣಕಾಸಿನ ಹೂಡಿಕೆಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ, ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ವೆಂಚರ್ಸ್ ಎಂಬ ಲಾಭಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸಂಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಹುಟ್ಟು ಹಾಕಿದೆ. ಈ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಶೇರುಗಳನ್ನು ಖರೀದಿಸುವ ಮೂಲಕ ಖಾಸಗಿಯವರು ತಮ್ಮ ಹಣವನ್ನು ನಮ್ಮ ಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿ ವಿನಿಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಯೋಜನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮಾಧ್ಯಮ ಮತ್ತು ಬೌದ್ಧಿಕ ಆಸ್ತಿಯ ಹಕ್ಕು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ವೆಂಚರ್ಸ್ ಕೈಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಆದಾಯವನ್ನು ನಮ್ಮ ಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸುತ್ತದೆ ಹಾಗು ಲಾಭಾಂಶವನ್ನು ತನ್ನಲ್ಲಿ ಬಂಡವಾಳ ಹೂಡಿದ ಶೇರುದಾರರಿಗೆ ಹಂಚುತ್ತದೆ. ಹೂಡಿದ ಹಣಕ್ಕೆ ಲಾಭಾಂಶವು ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಚಾರ, ಬ್ರ್ಯಾಂಡ್‌ನಲ್ಲಿನ ಪಾಲುದಾರಿಕೆ, ಬೌದ್ಧಿಕ ಆಸ್ತಿಯ ಹಕ್ಕು, ಮಾರಾಟದ ಸರಕುಗಳು ಹಾಗು ಇನ್ನಿತರೆ ಹಲವಾರು ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ವಿಧಾನಗಳ ಆದಾಯದ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತದೆ.

ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಶೋಧನಾ ಸಂಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಏನಾದರು ಪಾಲುದಾರಿಕೆ ಹೊಂದಿದ್ದೀರಾ?

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ಯಾವುದೇ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಶೋಧನಾ ಸಂಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ ನಾವು ಪಾಲುದಾರಿಕೆ ಹೊಂದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಮುಂದೊಂದು ದಿನ ಈ ತರಹದ ಪಾಲುದಾರಿಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಕುರಿತು ನಾಸಾದೊಂದಿಗೆ ಹಲವಾರು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಹಂತದ ಮಾತುಕತೆ ನಡೆದಿದೆ.

ಭಾರತದ ಒಬ್ಬ ಶಾಲಾ ಶಿಕ್ಷಕ ಯಾವ ರೀತಿ ಈ ಉಪಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಬಹುದು?

ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್ ಯೋಜನೆಯ ಕುರಿತು ತಮ್ಮ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುವ ಮೂಲಕ ಭಾರತದ ಶಿಕ್ಷಕರು ನಮಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ನಮ್ಮ ಯೋಜನೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಚಾರ ಸಿಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಇದು ಮಾರ್ಸ್ ಒನ್‌ಗಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಎಲ್ಲಾ ತರಹದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯೋಜನೆಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳಿಗೂ ಕೂಡ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಬೌದ್ಧಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ ಮಕ್ಕಳು ಇಂಜಿನಿಯರ್, ವಿಜ್ಞಾನಿ ಅಥವಾ ಗಗನಯಾತ್ರಿಯಾಗುವ ತಮ್ಮ ಕನಸುಗಳನ್ನು ನನಸಾಗಿಸುವಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕರು ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತಾರೆ!

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Settlement camera, Bryan Versteeg, Mars One, URL: http://www.mars-one.com/.

ಅನುವಾದ: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಸ್ಮಿತಾ

ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್: ಗಗನಯಾನದ ವೆಚ್ಚಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಇಸ್ರೋದ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ

ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ಎಂದರೇನು? ಅವು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ, ಒಮ್ಮೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಎಸೆಯುವ ರಾಕೆಟ್ ಉಡಾವಣೆ ವಾಹನಗಳಿಗಿಂತ ಹೇಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿವೆ? ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಉಡಾವಣೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಈ ಹೊಸ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಉಪಯೋಗವೇನೆಂದು ಅನ್ವೇಷಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಓದುಗರಿಗೆ ಲೇಖನವು ಪರಿಚಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಟಿ. ವಿ. ವೆಂಕಟೇಶ್ವರನ್

ವರ್ಷ 2016ರ ಆಗಸ್ಟ್ ತಿಂಗಳ 28ನೇ ದಿನಾಂಕದಂದು ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಸಂಶೋಧನಾ ಸಂಸ್ಥೆ (Indian Space Research Organization, ISRO), ತಾನು ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ್ದ ದ್ವಿವಿಧ ರ್‍ಯಾಂ ಜೆಟ್ (Dual Mode Ram Jet, DMRJ), ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ (Scram Jet) ಇಂಜಿನ್ನುಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಹಾರಿಸಿ ತೋರಿಸಿತು. ಈಗ ಭಾರತವು ಅಮೆರಿಕಾ, ರಷ್ಯಾ ಮತ್ತು ಯುರೋಪ್ ನ ಮುಂತಾದ ಪ್ರತಿಷ್ಠಿತ ದೇಶಗಳ ಒಕ್ಕೂಟದ (ಕ್ಲಬ್‌ನ) ಸದಸ್ಯತ್ವ ಪಡೆದು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹ, ಸುರಕ್ಷಿತ, ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದ ಮತ್ತು ಪುನರ್ ಬಳಸಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣೆ ವಾಹನಗಳನ್ನು, ಅಂತರಿಕ್ಷದ ಆಸ್ತಿಗಳಾದ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಮುಂಚೂಣಿಯಲ್ಲಿದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆ ಎಂದರೇನು?

ಬಹಳಷ್ಟು ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು (satellite) ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ 36,000 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳಾಚೆ ಭೂ-ಸಮಕಾಲಿಕ ಕಕ್ಷೆ (Geo- Synchronous Orbit, GSO) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಒಂದು ಸಲ ಪರಿಕ್ರಮಿಸಲು ಸುಮಾರು 23 ಗಂಟೆಗಳು, 50 ನಿಮಿಷಗಳು ಮತ್ತು 4 ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಸಮಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಕ್ರಮಣ ಭೂಮಿಯ ನಾಕ್ಷತ್ರಿಕ ಆವರ್ತನೆಯ ಅವಧಿಗೆ (Siderial Rotation Period) ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ವಿಶ್ವ ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧಾರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Global Positioning System- GPS), ರಷ್ಯಾದ ಗ್ಲೋನಾಸ್ (Glonass) ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪರಿಸರ ಸಂಶೋಧನಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಸುಮಾರು 1200-35790 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯಮ ಭೂಕಕ್ಷೆ (Medium Earth Orbit, MEO) ಯಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮಧ್ಯಮ ಭೂಕಕ್ಷೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಕಕ್ಷೀಯ ಅವಧಿ ಸುಮಾರು 2 ರಿಂದ 24 ಗಂಟೆಗಳಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ನೀವು ಒಂದು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು (Space Station) ನಿರ್ಮಿಸಿ ಜನರನ್ನು ಇಲ್ಲಿಂದಲ್ಲಿಗೆ ಅಲ್ಲಿಂದಿಲ್ಲಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲು ಬಯಸುವಿರಾದರೆ, ಅಂತಹ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಕೇಂದ್ರವು ಭೂಮಿಗೆ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನ ನಿಕಟ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯುವ ಸಲುವಾಗಿ ನೀವು ದೂರ ಸಂವೇದಿ ಉಪಗ್ರಹವೊಂದನ್ನು (Remote Sensing Satellite) ಬಳಸಲು ಯೋಚಿಸುತ್ತಿರುವಿರಾದರೆ, ಅದೂ ಕೂಡ ಹೀಗೆಯೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಂತಹ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನಿಂದ 200 ರಿಂದ 1200 ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆ (Low Earth Orbit, LEO) ಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಒಮ್ಮೆ ಸುತ್ತಿ ಬರಲು ಸುಮಾರು 80-130 ನಿಮಿಷಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಪ್ರಸ್ತುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಇತಿಮಿತಿಗಳು

ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿರುವ ಉಡಾವಣೆ ವಾಹನಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬಹುಹಂತವುಳ್ಳವು, ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ನಂತರ ತ್ಯಜಿಸುವಂಥವು ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಡೀಕಾರಕಗಳನ್ನು(ಉತ್ಕರ್ಷಣಕಾರಿ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು) ಒಯ್ಯುವಂಥವು. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಅವು ಹೆಚ್ಚು ಖರ್ಚು ತರುವಂಥವು, ಅಪಾಯಕಾರಿವಾದುವು ಮತ್ತು ಭಾರವಾದುವೂ ಆಗಿವೆ.

ಉಡಾವಣೆಗೆ ಮೊದಲು ರಾಕೆಟ್‌ನ ಸುಮಾರು ಶೇಕಡಾ 85 ರಿಂದ 90 ರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ನೋದಕ (Propellent) ಸಾಮಗ್ರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಶೇಕಡಾ ಒಂದರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮಾತ್ರ ಉಪಗ್ರಹವಾಗಿದ್ದು (ಸೆಟಲೈಟ್)ಅದು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಇನ್ನುಳಿದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಪೋಷಕ ಸಂರಚನೆಗಳು, ಟ್ಯಾಂಕುಗಳು, ಪಂಪ್‌ಗಳು, ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇಂಧನ ಸಾಮಗ್ರಿಯನ್ನು ಉರಿಸಿ ಮುಗಿಸಿದ ನಂತರ ಇವೆಲ್ಲಾ ನಿರುಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.ಈ ರೀತಿಯಾದ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೂಕವನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ಬಹುಹಂತಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭಾಗವು ಅದರ ಉಪಯೋಗವಾದ ನಂತರ ಬಿದ್ದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಹಂತದ/ವಿಭಾಗದ ಇಂಧನ ಉಪಯೋಗವಾದ ನಂತರ ರಾಕೆಟ್‌ನ ಆ ಹಂತ/ವಿಭಾಗ, ಅದರ ಕೋಶ ಮತ್ತು ಮೋಟಾರುಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಎಸೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ರಾಕೆಟ್‌ನ ಪ್ರತಿಹಂತದ ಇಂಧನ ಉರಿದು ಹೋದ ನಂತರ ಅದನ್ನು ಪ್ರಕ್ಷೇಪಣಾ ವಾಹನದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮುಂದಿನ ಹಂತದ ಇಂಧನವನ್ನು ಉರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಪ್ರತಿಹಂತದಲ್ಲೂ ಕ್ರಮಾಗತವಾಗಿ, ಸ್ವಲ್ಪವೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲದೆ, ವಿಳಂಬವಾಗದೆ ನಡೆಯಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಪ್ರಸಕ್ತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಖರ್ಚಿನದನ್ನಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅಪಾಯಕಾರಿಯನ್ನಾಗಿಯೂ ಮಾಡಿದೆ. ಇಂಥ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಹಂತಗಳು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಅವು ವಿಫಲಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಅನುಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ವಿಳಂಬವಾದರೂ ಅಥವಾ ತಪ್ಪು ಘಟನೆಯಾದರೂ ಅದು ಬಹು ದೊಡ್ಡ ಅಪಾಯವನ್ನು ತರಬಹುದು. ನಾಸಾದ (NASA) ಅಂತರಿಕ್ಷ ನೌಕೆ ಛಾಲೆಂಜರ್‌ಗೆ 1986ರ ಜನವರಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ಅಪಘಾತದಲ್ಲಿ ಏಳು ಮಂದಿ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳು ಮರಣ ಹೊಂದಿದ ಘಟನೆ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ಆಘಾತಗೊಳಿಸಿತ್ತು. ಎರಡು ಹಂತಗಳ ನಡುವಿನ ರಬ್ಬರ್ ಮತ್ತು ಉಂಗುರಗಳು (ರಿಂಗ್ಸ್) ಸರಿಯಾಗಿ ಸೀಲಾಗದೇ ಇದ್ದುದು ಈ ಅಪಘಾತಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿತ್ತು.

ಅಂತಿಮ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ರಾಕೆಟ್ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದ ಅಂಚಿಗೆ ಹೋದಾಗ ಅದು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಆಮ್ಲಜನಕದಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅನೇಕ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ತಮ್ಮೊಡನೆ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಇಂಧನವನ್ನು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಉರಿಸಲು ಆಕ್ಸಿಡೀಕಾರಕವನ್ನು (Oxidiser) ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಇದು ಅದರ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಭಾರವುಳ್ಳದ್ದನ್ನಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ದಕ್ಷತೆಯುಳ್ಳದ್ದನ್ನಾಗಿಯೂ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ರಾಕೆಟ್ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ನೋದನ (ತಳ್ಳುವ) ಶಕ್ತಿಯ ಅರ್ಧಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗ ಆಕ್ಸಿಡೈಸರ್ ಅನ್ನು ಎತ್ತಿಕೊಂಡು ಹಾರುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯ ದಟ್ಟ ವಾತಾವರಣದ ತನ್ನ ಬಹುತೇಕ ಹಾರಾಟದಲ್ಲಿ ಹೇಗಾದರೂ ವಾತಾವರಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನೇ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ, ಪುನಃ ಬಳಸಬಲ್ಲ ಇಂಜಿನ್ ಇರುವ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ನಮಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಆಗ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯಾಣದ ವೆಚ್ಚವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಪಂಚದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನವನ್ನು ಮಾಡುವ ಬಯಕೆಯುಳ್ಳ ದೇಶಗಳು ಅಂಥ ಒಂದು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಿಲ್ಲ.

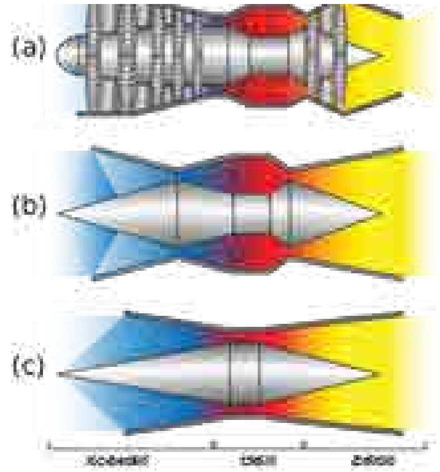
ದ್ವಿ-ವಿಧ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್-ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಎಂದರೇನು?

ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಒಂದು ರಾಕೆಟ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ನಿಯಮಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಪವಾದಗಳಿವೆ. ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಅವು ಇಂಧನವನ್ನು ಉರಿಸಲು ವಾತಾವರಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನಿನ ರಚನಾ ವಿನ್ಯಾಸ ಸಾಕಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿರುತ್ತದೆ.ಆಮ್ಲಜನಕ ವಿಫುಲವಾಗಿರುವ ವಾತಾವರಣದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಿರುಗುವ ಬ್ಲೇಡುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಿ, ಅಂತರ್ದಹನ ಕೋಶಕ್ಕೆ ತರಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 1. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ನ ಉಡಾವಣೆ

ಕೃಪೆ: ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಗ್ಯಾಲರಿ, ಇಸ್ರೋ http://www.isro.gov.in/launchers/scramjet-engine-td-gallery. License: Public Domain



ಚಿತ್ರ 2: ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯಾಣಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಮಾದರಿಗಳಾಗಿವೆ. ಒಂದು ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ ಹೀಗಾಗಿ ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಮೂರೂ ಬಗೆಯ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನುಗಳು ವಾತಾವರಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ದಹನಕ್ಕೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

Credits: GreyTrafalgar, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbo_ram_scramjet_comparative_diagram.svg. License: Public Domain.

ಈ ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಿದ ಬಿಸಿ ಗಾಳಿಯು ಉರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಅದರೊಳಕ್ಕೆ ಇಂಧನವನ್ನು ಇನ್ಜೆಕ್ಟ್ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಇಡೀ ಮಿಶ್ರಣವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಹಿಗ್ಗುತ್ತದೆ.ಈ ಅನಿಲವು ನಿಷ್ಕಾಸದ (ಹೊರಬಿಡುವ ನಾಳದ) ಚೂಪಾದ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಅಧಿಕ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆ ಅನಿಲದ ವೇಗ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ದೂಡುವಿಕೆಯು (ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ) ಜೆಟ್‌ಅನ್ನು ಮೇಲ್ಮುಖವಾಗಿ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯಾಣಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ, ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಮಾದರಿಗಳಾಗಿವೆ.ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಜೆಟ್ ವಿಮಾನ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸುಮಾರು 0.8 ಕಿ.ಮೀ. ವೇಗದಲ್ಲ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.ಆದರೆ, ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನಕ್ಕೆ ಜೆಟ್ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಎಂಟು ಕಿಲೊಮೀಟರ್. ವೇಗದಲ್ಲ ಚಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಆವೇಗ(Impulse) ವನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳನ್ನು ರ್‍ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್‌ಗಳು ಅಂತರ್ದಹನ ಕೋಶದ ಒಳಕ್ಕೆ ಸಂಪೀಡಿತಗೊಳಿಸಿದ ಗಾಳಿಯು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ತಿರುಗುವ ಬ್ಲೇಡುಗಳ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲದ, ಹೆಚ್ಚು ಮುಂದುವರೆದಿರುವ, ಗಾಳಿ ಉಸಿರಾಡುವ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳಾಗಿವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರಗಳ ಮೂಲಕ ವಾಹನವು ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗಲೂ ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಿದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಅಥವಾ "ಸೂಪರ್‌ಸಾನಿಕ್ ಕಂಬಶ್ಚನ್ ರ್‍ಯಾಂ ಜೆಟ್" ಎನ್ನುವ ಇಂಜಿನ್ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್‌ನ ಒಂದು ವಿನೂತನ ಮಾದರಿಯಾಗಿದೆ. ಇದು ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂ ಜೆಟ್‌ನ ಸವಾಲು!

ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸ ಬಹಳ ಸರಳ ಎನಿಸಿದರೂ ಅದನ್ನು ಕಾರ್ಯಾತ್ಮಕಗೊಳಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಕರವಾದುದು ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಸವಾಲನ್ನು ಒಡ್ಡುವಂಥದ್ದಾಗಿದೆ. ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಂಪೀಡಿತಗೊಳಿಸಲು ತಿರುಗುವ ಬ್ಲೇಡುಗಳು ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂ ಜೆಟ್- ಈ ಎರಡು ವಿಧಗಳ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ತಮ್ಮ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರಗಳಿಂದ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಲು ತಮ್ಮ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರದ ಒಳಕ್ಕೆ ಹೋಗುವ ಗಾಳಿಗೆ ಯಾವುದೇ ಗಮನಾರ್ಹ ಸಾಪೇಕ್ಷವೇಗವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಾರಿನ ಬ್ಯಾಟರಿ ಡೌನ್ ಆಗಿದ್ದಾಗ ನಾವು ಕಾರನ್ನು ತಳ್ಳಿ ಸ್ಟಾರ್ಟ್ ಮಾಡುವಂತೆಯೇ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ವಾಹನಗಳನ್ನು (ಕ್ರ್ಯಾಫ್ಟ್) ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಕಳಿಸಲು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ಮ್ಯಾಕ್-4ಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾದ ಆರಂಭಿಕ ವೇಗವನ್ನು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಲು ವಾಹನಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಒಮ್ಮೆ ಈ ಎಂಜಿನ್‌ಗಳು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಲು ಬೇಕಾದ ತಮ್ಮ ಸಾಪೇಕ್ಷವೇಗವನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡಾಗ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ಇಂಧನಕ್ಕೆ ಉರಿ ತಗುಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಉರಿ (ಇಗ್ನಿಷನ್) ತಗುಲಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಚಾಲಾಕಿತನದಿಂದ ಆಗಬೇಕಾಗಿದೆ. ಅದು ಮುಂದಿನ ಕೆಲವೇ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಹೊತ್ತಿಸಿದರೂ ಇಂಧನ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉರಿಯುವ ತನಕ ಹೊತ್ತಿಸುವ ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ಆರದಂತೆ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟದ ಕೆಲಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಉರಿಯುವ ಮೇಣದ ಬತ್ತಿಯನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡು ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಓಡುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಇದು ಇಲ್ಲಿಗೇ ಮುಗಿಯಲಿಲ್ಲ. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ (ಹೈಪರ್‌ಸಾನಿಕ್) ವಾತಾವರಣದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವಾಗ, ಗಾಳಿಯು ಬೀಸುವ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಒಳಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಿಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಸ್‌ನ ಕಿಟಕಿಯಿಂದಾಚೆಗೆ ನಿಮ್ಮ ಮುಖ ಒಡ್ಡುವುದನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ನಿಮ್ಮ ಮುಖಕ್ಕೆ ಬೀಸುವ ಗಾಳಿಯ ರಭಸ ನಿಮ್ಮ ಉಸಿರು ಕಟ್ಟುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅಂಥ ವೇಗಗಳ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ ಇಂಜಿನ್ನಿನ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರಗಳು ಗಾಳಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ರೂಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಹಂತಹಂತವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಪರಿಪೂರ್ಣತೆ ಹೊಂದುವಂತೆ ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಿ, ಈ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳಿಗೆ ಆರಂಭಿಕ ನೋದನವನ್ನು (ಪ್ರೊಪಲ್ಷನ್) ಕೊಡಲು ಇಸ್ರೋ ತಾನೇ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ್ದ, ಆಗಾಗ್ಗೆ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದ್ದ, ಮೂರು ಟನ್ ತೂಕದ ರೋಹಿಣಿ ವರ್ಗದ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ RH-560 ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿತು. ಮಾರ್ಚ್, 2010ರಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಮತ್ತು ATV-D01 ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದ್ದ ಈ ರಾಕೆಟ್ ಕೇವಲ 7 ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್-6 ರಷ್ಟು ವೇಗವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ಅದನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿತು. ರಾಕೆಟ್‌ನ ಮೇಲೆ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಮಾಡ್ಯೂಲುಗಳನ್ನು (ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು)

ಕಟ್ಟಿ ಈ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ ಆ ಮಾಡ್ಯೂಲುಗಳನ್ನು ಜ್ವಲಿತಗೊಳಸಲಿಲ್ಲ. ರೋಹಿಣಿ ವರ್ಗದ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ರ್‍ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ಜ್ವಲಿತಗೊಳಸುವಿಕೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸುಮಾರು ೮೦ ಕಿಲೊಪ್ಯಾಸ್ಕಲ್‌ಗಳಷ್ಟು ಗತಿಶೀಲ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಪರೀಕ್ಷೆ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಇದಾದ ನಂತರ, ೨೮ ಆಗಸ್ಟ್ ೨೦೧೬ರ ಮುಂಜಾವಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ್ದ ದ್ವಿವಿಧ ರ್‍ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್-ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ರೋಹಿಣಿ ವರ್ಗದ, ಎರಡು ಹಂತವುಳ್ಳ RH-೫೬೦ ರಾಕೆಟ್‌ಗೆ ಒಂದು ಘನಬೂಸ್ಟರ್‌ನೊಂದಿಗೆ ಬಿಗಿದು ಕಟ್ಟಲಾಯಿತು. ರಾಕೆಟ್ ೨೦ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ತಲುಪಿದಾಗ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಜ್ವಲಿತಗೊಳಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಹೊತ್ತಿಸಿದ ಉರಿ (ಜ್ವಾಲೆ) ಐದು ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಕಾಲ ಉಳಿಯಿತು. ಈ ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ಪರಿಶೀಲನೆಯು ಈ ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮ್ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯೆ (೬+೦.೫) ಮತ್ತು ಗತಿಶೀಲ ಒತ್ತಡ (೮೦+೩೫ ಕಿಲೊಪ್ಯಾಸ್ಕಲ್ಸ್)- ಈ ಎರಡೂ ಅಂಶಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಹಾರಾಟ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿತು. ಇದಲ್ಲದೆ, ಯೋಜಿಸಿದಂತೆಯೇ, ಬೂಸ್ಟರ್ ರಾಕೆಟ್ ಹಂತ ಉರಿದು ಹೋಗಲು ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಲು ೫ ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಬೇಕಾದವು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಹಾರಾಟದ ೫೫- ೬೦ನೇ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ೨೦ ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದವು.ಇದರ ನಂತರ, ಎರಡನೇ ಹಂತ ಉರಿದು ಬೀಳುವ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಿತು. ಈ ಎರಡೂ ಘಟನೆಗಳು ಇಸ್ರೊವಿನ ದ್ವಿವಿಧ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್-ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಹಾರಾಟದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಮುಂದೇನು?

ಈ ಪರೀಕ್ಷೆ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದೆಯಾದರೂ, ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು (ಪೇಲೋಡ್) ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು ಹೋಗಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ಮೈಲುಗಳ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಸ್ರೋ ಎದುರಿಸಬೇಕಾದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸವಾಲುಗಳೆಂದರೆ, ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದ ದಾಹಕದ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸ, ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದ ಹರಿವನ್ನು (ಫ್ಲೋ) ಅನುಕರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ಸಾಧನಗಳು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಟ್ಟದ ವೇಗದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಓಲಾಟಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅತ್ಯಧಿಕ ತಾಪಮಾನವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ತಯಾರಿಕೆ. ಇವಲ್ಲದೆ ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಇಂಜಿನ್ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಹಾರಾಟದ ವಿಸ್ತೃತ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಜಿನ್ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಮತ್ತು ಚಲನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ, ತಾಪಮಾನದ ಸರಿಯಾದ ನಿರ್ವಹಣೆ ಮತ್ತು ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ಭೂ-ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಸಹ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ ಈ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್-೬ ರ ವೇಗದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದ್ದರೂ ಈ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್-೨ ರಿಂದ ಮ್ಯಾಕ್ -೧೨ರವರೆಗಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕಾದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ದ್ರವದ ಗತಿಶೀಲತೆಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ಸಾಧನಗಳು (ಕಾಂಪ್ಯುಟೇಷನಲ್ ಫ್ಲೂಯಿಡ್ ಡೈನಮಿಕ್ ಟೂಲ್ಸ್) ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ತಾನೆ ಪರಿಪಕ್ವತೆಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ, ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್‌ಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕೆ ಪ್ರಯತ್ನ-ದೋಷ (Trial and error) ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯತ್ನ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂಕೀರ್ಣವಾದುದೇ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇತರ ದೇಶಗಳು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಾಂತ್ರಿಕಜ್ಞಾನವನ್ನು ಯುದ್ಧತಂತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದು (ಸ್ಟ್ರೆಟಜಿಕ್) ಎಂದು ತಿಳಿಯುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ನಮ್ಮೊಂದಿಗೆ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳಲು ಇಷ್ಟಪಡದೆಯಿರುವುದು ಈ ಸಂಕೀರ್ಣತೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥ ಇಸ್ರೋ ತನ್ನದೇ ಆದ, ಪುನಃ ಪುನಃ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ, ಉಡಾವಣಾ

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಮ್ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯೆ

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯ ವೇಗಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿರುವ ಶಬ್ದದ ವೇಗಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ- ಮ್ಯಾಕ್ 1, ಮ್ಯಾಕ್ 2 ಇತ್ಯಾದಿ. ಮ್ಯಾಕ್ 1 ಎಂದರೆ ಶಬ್ದದ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮನಾದಷ್ಟು, ಮ್ಯಾಕ್ 2 ಎಂದರೆ ಶಬ್ದದ ವೇಗದ ಎರಡರಷ್ಟು ಎಂದು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಶಬ್ದದ ವೇಗವನ್ನು (ಮ್ಯಾಕ್ 1ನ್ನು) ಮೀರಿ ಚಲಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗವನ್ನು ಶಬ್ದಾತೀತ (ಸೂಪರ್ ಸಾನಿಕ್) ವೇಗ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ (ಹೈಪರ್‌ಸಾನಿಕ್) ವೇಗ ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. 1970ರ ದಶಕದಿಂದ ಈ ಪದವನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್-೫ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಚಿತ್ರ 3. ರೋಹಿಣಿ ಕ್ಲಾಸ್ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಎರಡು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಟ್ಟಿ ಆ ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ಇಸ್ರೋ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಾಗಿ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿತು.

Credits: MarcRic, Wikimedia Commons. URL: https://te.wikipedia.org/wiki/%E0%B0%A6%E0%B0%B8%E0%B1%8D%E0%B0%A4%E0%B1%8D%E0%B0%B0%E0%B0%82:ISRO_Advanced_Technology_Vehicle_shape-01_(rotated).jpg. License: CC-BY-SA.http://www.isro.gov.in/launchers/scramjet-engine-td-gallery. License: Public Domain

ವಾಹನವನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸುವ ಸ್ಥಳೀಯ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ತೊಡಗಬೇಕು ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

"ಅವತಾರ್" (AVATAR) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಇಸ್ರೊವಿನ ಯೋಜನೆಯು ಸ್ಕ್ರಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲು ಒಂದು ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸುವ ಗುರಿ ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ರಾಕೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಉಡಾವಣಾ ವೇದಿಕೆಯಿಂದ (ಲಾಂಚ್‌ಪ್ಯಾಡ್) (ಒಂದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬೂಸ್ಟರ್ ರಾಕೆಟ್ ಸಹಾಯದಿಂದ) ಲಂಬವಾಗಿ ಮೇಲೇರಲು, ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಹಾರಲು, ಸ್ಕ್ರಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಜ್ವಲತಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ತಲುಪಿಸಲು ಅದನ್ನು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ದೂಡಲು, ತದನಂತರ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಮಾನದಂತೆಯೇ ಓಡುಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ (ರನ್‌ವೇ) ಇಳಿಯಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿರಲೇಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಇಡೀ ಯೋಜನೆಗೆ ಅಂಥ ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಲು 35 ಕೋಟಿ ರೂಪಾಯಿಗಳನ್ನು ಖರ್ಚು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅಂದಾಜಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವೆಚ್ಚದ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಆಗಸ್ಟ್ 2016ರಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಮೂರು ಕೋಟಿ ರೂಪಾಯಿಗಳನ್ನು ಖರ್ಚು ಮಾಡಲಾಯಿತು.

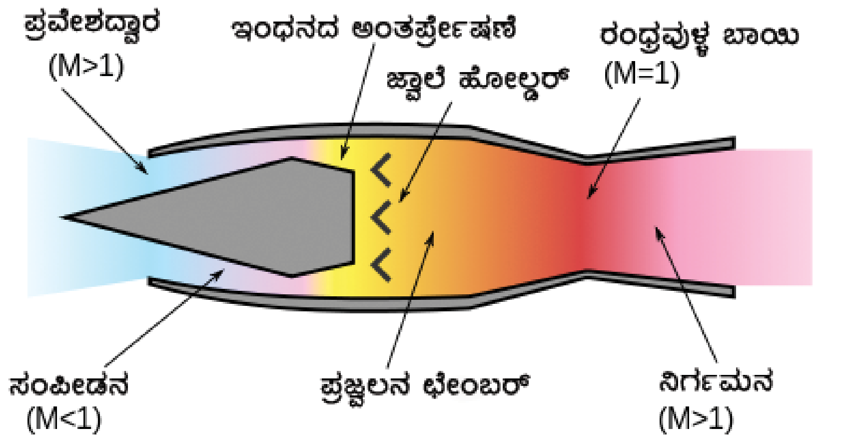
ಇಸ್ರೋ ಕಕ್ಷಾಪಥಕ್ಕೆ ಏಕ-ಹಂತ(SSTO-Single-Stage-To-orbit) ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಗುರಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಈ ಮಧ್ಯೆ, ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮೊದಲನೇ ಹಂತದೊಂದಿಗೆ, ಕಕ್ಷೆಗೆ ಎರಡು ಹಂತಗಳ (TSTO-Two Stages To Orbit) ಉಡಾವಣಾ ಸಾಧನವನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಲು ಸಿದ್ಧತೆ ನಡೆಸಿದೆ. ಎರಡನೇ ಹಂತದಲ್ಲಿ, ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು (ಪೇಲೋಡ್) ಕೊಂಡೊಯ್ಯಲು ಶೈತ್ಯಜನಕ (ಕ್ರಯೊಜೆನಿಕ್) ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇಸ್ರೋ TSTO ರಾಕೆಟ್‌ನ ಮೊದಲ ಹಂತವನ್ನು ಮನರ್ಬಳಕೆಯಾಗುವಂತೆ ನಿರ್ಮಿಸುವ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಿದೆ. ಇದು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಡಾವಣೆಗೆ ತಗುಲುವ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಮೇ ತಿಂಗಳು, ದಿನಾಂಕ 23, 2016 ರಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೋ ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ಹಾರಾಟದ ಪ್ರಯೋಗ ಒಂದನ್ನು (HEX-1, ಹೈಪರ್‌ಸಾನಿಕ್ ಫ್ಲೈಟ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪೆರಿಮೆಂಟ್) ನಡೆಸಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ "ಸ್ವದೇಶಿ ಸ್ಪೇಸ್ ಷಟಲ್" ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾದ, ಪುನಃ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ (RLV, Reusable Launch Vehicle) ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನದ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಹಾರಿಸಲಾಯಿತು, ಮತ್ತು ವಾಹನದಲ್ಲಿದ್ದ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ಮಾಡುವ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಹಾಗೂ RLV ವಾಹನಕ್ಕೆ ಅಂಟಿಸಿದ್ದ ಉಷ್ಣರೋಧಿ ಟೈಲ್ಸ್‌ಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಪರೀಕ್ಷಾ ಹಾರಾಟದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಜಹಜನ್ನು ಬಂಗಾಳ ಕೊಲ್ಲಿಗೆ ಬೀಳಿಸಲಾಯಿತು. ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಪ್ರಯೋಗ (ಲ್ಯಾಂಡಿಂಗ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪೆರಿಮೆಂಟ್,LEX) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಶ್ರೀಹರಿಕೋಟಾದ ಉನ್ನತ ಎತ್ತರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ (SHAR-Sriharikota High Altitude Range) ವಿಶಿಷ್ಟ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುವ ಓಡುಪಥದಲ್ಲಿ (ರನ್‌ವೇ) RLV ಯನ್ನು ಇಳಿಸುವ ಅಥವಾ ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಇಸ್ರೋ ಮಾಡಲಿದೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ RLV ಮತ್ತು ರೋಹಿಣಿ -ಸ್ಕ್ರಾಮ್ ಜೆಟ್ ಮಾಡ್ಯೂಲುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಅಭಿಯಾನದಲ್ಲಿ (ಮಿಷನ್‌ನಲ್ಲಿ) ವಿಲೀನಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು, ಮತ್ತು ಅವು ವಾಪಸಾಗುವ ಹಾರಾಟದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ (REX -Return Flight Experiment) ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ಕ್ರಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುವುದು. ವಾತಾವರಣದ ಆಚೆಗಿನ ಹಾರಾಟಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ನೂದನಕ್ಕಾಗಿ(Propulsion) RLV ಗೆ ಐದು ಅರ್ಧ-ಶೈತ್ಯಜನಕ (Semi-Cryogenic) ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಎಲ್ಲಾ ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪವೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲದಂತೆ ವಿಲೀನಗೊಳಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ವಾಣಿಜ್ಯ ಉದ್ದೇಶಿತ ಉಡಾವಣೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಸ್ಕ್ರಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ನೊಂದಿಗಿನ TSTO ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ಬಳಸಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಅಭಿಯಾನಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲು ವರ್ಷ 2030ರ ವೇಳೆಗೆ ನಾವು ಸಿದ್ಧರಾಗುತ್ತೇವೆ ಎಂದು ಇಸ್ರೋವಿನ ಅಂದಾಜು ನಿರೀಕ್ಷೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಸ್ಕ್ರಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಅನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದ RLV ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನ ಸುಮಾರು 10,000 ದಿಂದ 20,000 ಕೆ.ಜಿ. ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಯನ್ನು ಅಥವಾ ಪೇಲೋಡನ್ನು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆಗೆ

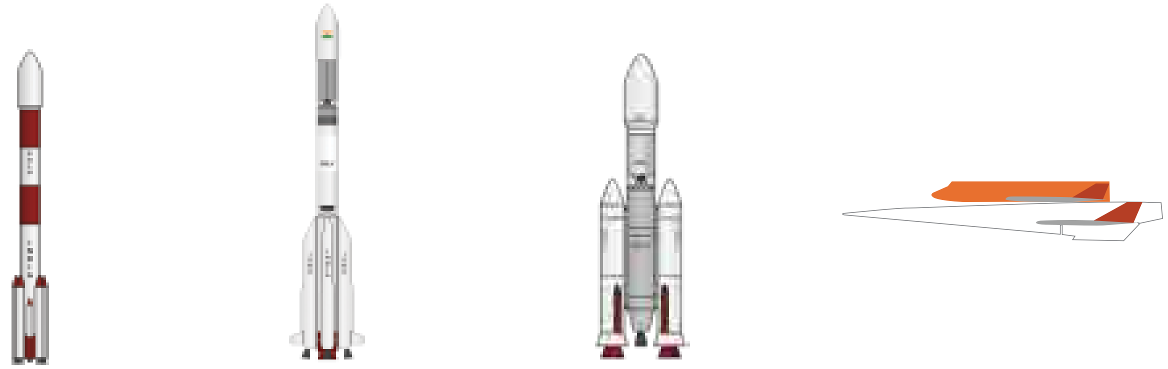
ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಶೈತ್ಯಜನಕ (Cryogenic) ರಾಕೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು

ಶೈತ್ಯಜನಕ ಅಥವಾ ಕ್ರೈಯೊಜೆನಿಕ್ ರಾಕೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಶೈತ್ಯಜನಕ ಇಂಧನವನ್ನು ಅಥವಾ ಉತ್ಕರ್ಷಣಕಾರಕಗಳನ್ನು (ಆಕ್ಸಿಡೈಸರ್) ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅದರ ಇಂಧನ ಮತ್ತು / ಅಥವಾ ಉತ್ಕರ್ಷಣಕಾರಕಗಳು ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಟ್ಟ ದ್ರವೀಕೃತ ಅನಿಲಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 4. ಪ್ರಜ್ವಲನ, ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ, ಮತ್ತು ಸಂಪೀಡಿತ ಗಾಳಿಯ ಒಳ-ಪ್ರವೇಶವನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ- ಇವು ಸ್ಕ್ರಾಮ್ ಜೆಟ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಬಹುಮುಖ್ಯ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸವಾಲುಗಳಾಗಿವೆ.

Credits : Cyonic07,Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ramjet_operation.svg. License:CC-BY-SA



PSLV	GSLV	GSLV MK3	ABLV-TSTO (FULLY REUSABLE)
ಕಾಲಾವಧಿ	ಇಂದು	10 ವರ್ಷಗಳು	40-50 ವರ್ಷಗಳು
ಉಡಾವಣಾ ವೆಚ್ಚ	20,000$/ಕೆಜಿ	5000$/ಕೆಜಿ	500$/ಕೆಜಿ
ಹಾರಾಟಗಳು/ವರ್ಷ	4-6	20-30	300
ಸಾಧನಾ ಕಾಲಾವದಿ	ಕೆಲವು ಮಾಸಗಳು	ಕೆಲವು ವಾರಗಳು	ಕೆಲವು ದಿನಗಳು
.........2010 + ವರೆಗೆ.........		2010+	2040/50

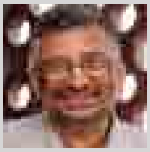
ಚಿತ್ರ 5. ಸ್ಕ್ರಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಇಸ್ರೋ ಈಗ ಹೊಮದಿರುವ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಣಾ ವಾಹನಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಲು ಯೋಗ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಕೊಂಡೊಯ್ಯಬಲ್ಲದು; ಆದರೆ ಅತಿ ಮುಂದುವರೆದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ ಇಸ್ರೋವಿನ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವಾದ GSLV-Mk-III 8,000 ಕೆ.ಜಿ.ಗಳಷ್ಟು ಪೇಲೋಡನ್ನು (ಭಾರವನ್ನು) ಮಾತ್ರ ಒಯ್ಯಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಸಲಾಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಸ್ಪೇಸ್- ಎಕ್ಸ್‌ನ (Space-X) ಪ್ರತಿಸ್ಪರ್ಧಿಯಾದ ಫ಼ಾಲ್ಕನ್-9 (Falcon-9) ರಾಕೆಟ್ 13,000 ಕೆ.ಜಿ. ಗಳಷ್ಟು ಭಾರವನ್ನು ಇಷ್ಟೇ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತಬಲ್ಲದು ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನ, ಪುನಃ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳು ತಮ್ಮ ಗಾಳಿ-ಉಸಿರಾಟದ ತಳ್ಳುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಖರ್ಚಿನ (ಕಾಸ್ಟ್ ಎಫಿಷಿಯಂಟ್) ಅಂತರಿಕ್ಷ ಉಡಾವಣೆಯನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೆ.ಜಿ. ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಯನ್ನು (ಪೇಲೋಡನ್ನು) ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲು ಸುಮಾರು 5000 ಅಮೆರಿಕನ್ ಡಾಲರ್‌ಗಳಷ್ಟು ಖರ್ಚಾದರೆ, ತನ್ನ RLV ಈ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಒಂದು ಕೆ.ಜಿ.ಗೆ 2000 ಅಮೆರಿಕನ್ ಡಾಲರ್‌ಗಳಿಗೆ ಇಳಸಬಹುದು ಎಂದು ಇಸ್ರೋ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿದೆ.

ಆದರೆ, ಕೆಲವು ತಜ್ಞರು ಇಸ್ರೋವಿನ ಈ ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸುತ್ತಾರಲ್ಲದೆ ಖರ್ಚು-ಲಾಭಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಅಷ್ಟೇನೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ವಾದಿಸುತ್ತಾರೆ. 2006ರ ನಾಸಾದ ಒಂದು ತಾಂತ್ರಿಕ ದಾಖಲೆ ಹೀಗೆ ಎಚ್ಚರಿಸುತ್ತದೆ. -"ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಮತ್ತು ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳ ನಡುವಣ ಆಯ್ಕೆ ಎಂದರೆ ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧದ ವಾಹನದ ಅಲ್ಪ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ವೆಚ್ಚ ಮತ್ತು ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ವಾಹನಗಳ ಅಲ್ಪ ಪುನರಾವರ್ತಿಸದ ವೆಚ್ಚಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಲಾಭಕರ ಎಂಬುದೇ ಆಗಿದೆ. ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದೆ". ಸರಾಸರಿ, ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳ ವಿಶ್ವಸನೀಯತೆ 95%. ಅಂದರೆ, 20 ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ 1 ವಾಹನ ವಿಫಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ವಿಕಸನಗೊಳಿಸಿ ನಿರ್ಮಿಸಲು ಆಗುತ್ತಿರುವ ಅಧಿಕತರ ನಿವೇಶನವು ಅದು ಒಮ್ಮೆಯೂ ವಿಫಲವಾಗದಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಔಚಿತ್ಯಪೂರ್ಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ, RLV ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹಾರಿ, ಅಂತರಿಕ್ಷವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿ ಮತ್ತು ಪುನಃ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹಲವು ಬಾರಿ ಪುನರ್‌ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂದುವರೆದ ಉಷ್ಣರೋಧಕಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಯೋಜನೆಯು ತಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಒಡ್ಡುತ್ತದೆ. ನಾಸಾ ದಾಖಲೆ ಮುಂದುವರೆದು ಹೀಗೆ ಹೇಳುತ್ತದೆ-"ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳು (RLV ಗಳು) ಮತ್ತು ಬಳಸಿ ಎಸೆಯುವ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳು (ELV ಗಳು)- ಇವೆರಡರಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಕುರಿತ ದಶಕಗಳಿಂದ ಜರುಗುತ್ತಿರುವ ಎಡೆಬಿಡದ ಚರ್ಚೆಯು ಅಷ್ಟೇನೂ ವಿವೇಚನಾಪೂರ್ಣ ಪರ್ಯಾಲೋಚನೆ ಆಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ರೂಢಿಯ, ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ವಾಹನಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಸೂಕ್ತ ಎಂಬ ವಾದ ಹೆಚ್ಚು ವಿವೇಚನಾಪೂರ್ಣವಾಗಿದೆ."

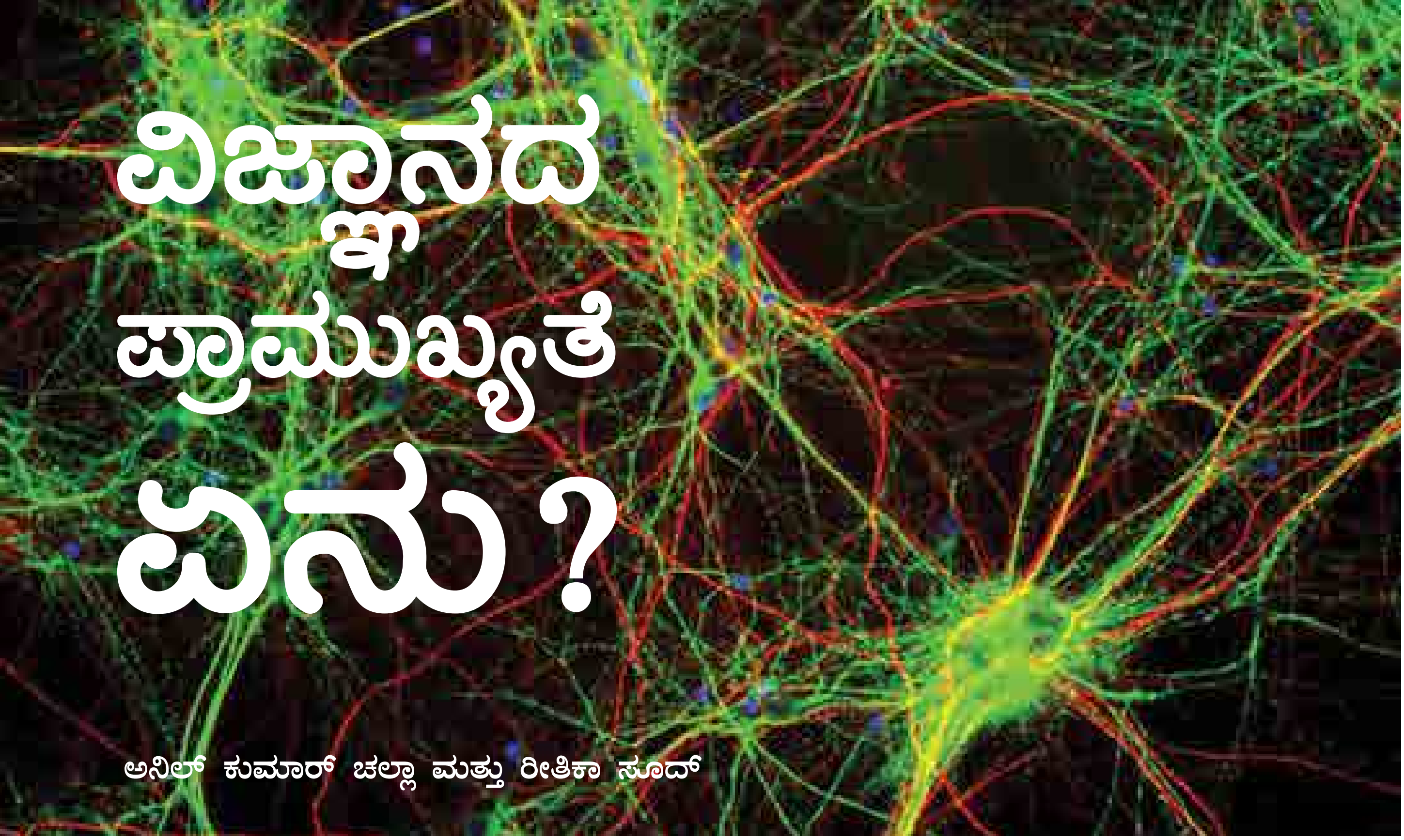
ಬಲವರ್ಧಕಗಳನ್ನು (ಬೂಸ್ಟರ್) ಮತ್ತು ಪುನರ್‌ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ವಾಹನಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿದ, ಇಸ್ರೋ ಮಂಡಿಸಿರುವಂಥ, ಪುನರ್ಬಳಕೆಯ ಮಿಶ್ರತಳಿ ವಾಹನಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಆರ್ಥಿಕತೆ ಬೇರೆಯದೇ ಆಗಿದೆ. ಆಶಾವಾದಿಯಾಗಿರುವ ಇಸ್ರೋವಿನ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಎ.ಎಸ್. ಕಿರಣ್ ಹೀಗೆ ಹೇಳುತ್ತಾರೆ "ತತ್ವತಃ, ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ 50%ನಷ್ಟು ಇಳಿಕೆಯಾದರೂ ಅದು ಲಾಭಕರವೇ. ಈ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಪುನಃ ಭರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಜಾರಿವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದ ನಂತರ ಇದು ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೂ, ಅದು ಲಾಭಕರವಾಗಿಯೇ ತೀರುತ್ತದೆ"

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ US Air Force, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_X-51#/media/File:X-51A_Waverider.jpg. License: Public Domain.



ಡಾ. ಟಿವಿ. ವೆಂಕಟೇಶ್ವರನ್ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಸಾರ್, ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಇಲಾಖೆ, ನವದೆಹಲಿ– ಇಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ. 25ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮಿಗಿಲಾದ ಜನಪ್ರಿಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಮತ್ತು 300 ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ತೆಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುವ ಇವರು ಸಮೃದ್ಧ ಬರಹಗಾರರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ದೂರದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿಕೊಡುತ್ತಾರೆ. ತರಬೇತಿ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಿಗೆ ಅವರು ಸಂಪನ್ಮೂಲ ವ್ಯಕ್ತಿ ಆಗಿದ್ದಾರಲ್ಲದೆ, ನಿಯತಕಾಲಿಕೆಗಳಿಗೆ ಲೇಖನಗಳನ್ನೂ ಬರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಅವರನ್ನು tvv123@gmail.com ಎಂಬಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು.

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ



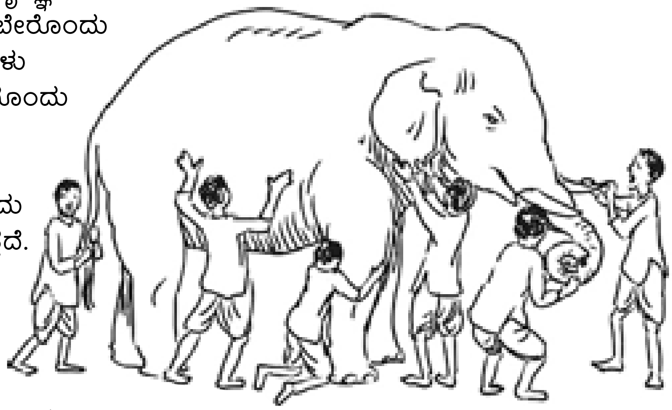
ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಏನು?

ಅನಿಲ್ ಕುಮಾರ್ ಚಲ್ಲಾ ಮತ್ತು ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್

ವಿಜ್ಞಾನವೆಂದರೆ ಕೇವಲ ಮಾಹಿತಿ ಕಣಜವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ; ವಿಜ್ಞಾನ ಎಂಬುದು ನಮ್ಮ ಆಲೋಚನೆಗಳ ಧಾಟಿ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿ, ಮಕ್ಕಳ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಆಲೋಚನೆಯನ್ನು ಉದ್ದೀಪಿಸುವುದು ನಮ್ಮ ಗುರಿಯಾಗಿರಬೇಕು. ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ನಾವೇಕೆ ಓದಬೇಕು, ಅದರಿಂದ ನಮಗೇನು ಉಪಯೋಗ ಎಂಬ ದ್ವಂದ್ವದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ನಮ್ಮ ಉತ್ತರ, ಅದು ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳು ಹಾಗೂ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯಿಂದಾದ ಸುಲಭ ಜೀವನ ನಿರ್ವಹಣೆಯನ್ನು ಮೀರಿದ್ದಾಗಿರಬೇಕು ಎಂಬುದಾಗಿದೆ.

ಆಧುನಿಕ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಪದ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಪ್ರಪಂಚ ಮತ್ತು ಅದರ ಹಲವಾರು ಆಯಾಮಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ದಕ್ಷಿಣ ಆಫ್ರಿಕಾದ ಸಾನ್ ಎಂಬ ಬುಡಕಟ್ಟು ಬೇಟೆಗಾರ ಜನಾಂಗವು ಪ್ರಾಯಶಃ ಇದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಉದಾಹರಣೆ. ಅವರ ಬೇಟೆ ಆರಂಭವಾಗುವುದು ವಿವರವಾದ ವೀಕ್ಷಣೆಯೊಡನೆ (ಮರಳಿನಲ್ಲಿ ಹೆಜ್ಜೆ ಗುರುತು, ಇತ್ಯಾದಿ). ಅದಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಬೇಟೆಯನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತವೊಂದು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (ಬೇಟೆಯು ಹೊರಟಿರಬಹುದಾದ ದಿಕ್ಕಿನ ಕುರಿತು). ನಂತರ, ಬೇಟೆಯಾಡಲು ಸೂಕ್ತವಾದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನ ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ (ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಹಂತಗಳಂತೆ). ಬೇರೊಂದು ಸಂಭಾವ್ಯ ಸಂಘರ್ಷದ ಕುರುಹುಗಳು ಸಿಗುವ ತನಕವೂ (ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಮೂಡಿರುವ ಹೆಜ್ಜೆ ಗುರುತು) ಅದು ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತದೆ. ಅಂತಹಾ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬೇರೊಂದು ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಾಗರಿಕ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿರುವ ನನ್ನಿಂದ ಮತ್ತು ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಲಿಯುತ್ತಿರುವ ನಿಮ್ಮಿಂದ ಸಾನ್ ಬುಡಕಟ್ಟು ಬಹುದೂರವಿದ್ದರೂ (ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ರೂಪಕವಾಗಿಯೂ), ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳಂತೆಯೇ ಆ ಬುಡಕಟ್ಟಿನ ಬೇಟೆಯ ವಿಧಾನ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ: ವೀಕ್ಷಣೆ → ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತ → ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮಾರ್ಗ (ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು) → ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸುವುದು → ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ (ಅವುಗಳು ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಇವೆಯೋ ಅಥವಾ ವೈರುಧ್ಯತೆಯಿಂದ ಕೂಡಿದೆಯೋ) → ವಿರುದ್ಧ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಬಂದಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೊಂದು ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಯೋಜಿಸಿ, ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಅನುಸರಿಸುವುದು.

ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಹೇಗೆ ಸಹಕಾರಿ? ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳ ಇತಿಹಾಸವನ್ನು ಆರು ಅಂಧರು ಆನೆಯೊಂದನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವ ಪುರಾತನ ನೀತಿ ಕಥೆಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರೂ ತಮ್ಮ ಊಹೆಗೆ



ಚಿತ್ರ 1. ಆರು ಅಂಧರು ಮತ್ತು ಆನೆ.

Credits: Timeless Truths Publications. URL: http://library.timelesstruths.org/texts/Treasures_of_ the_Kingdom_41 /The_Blind_Men_and_the_Elephant/. License: Used with permission of the rights owner.

ನಿಲುಕಿದಂತೆ ತಾವು ಹಿಡಿದ ಭಾಗವನ್ನೇ ಆನೆ ಎಂದು ಭ್ರಮಿಸಿಕೊಂಡರು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಆನೆಯೆಂದರೆ ಒಂದು ಬೀಸಣಿಗೆಯಂತೆ (ಕಿವಿಯನ್ನು ಹಿಡಿದುಕೊಂಡಾತ) ಎಂದು ಒಬ್ಬಾತ ಗ್ರಹಿಸಿದರೆ, ಇನ್ನೊಬ್ಬನಿಗದು ಕಂಬದಂತೆ (ಉದ್ದನೆಯ ಕಾಲುಗಳಿಂದಾಗಿ), ಮೂರನೆಯವನಿಗೆ ದಪ್ಪನೆಯ ಹಗ್ಗದಂತೆ (ಬಾಲದಿಂದಾಗಿ) ಭಿನ್ನಭಿನ್ನವಾಗಿ ಗೋಚರಿಸಿತು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಾಲಮಾನಗಳ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೇಶಗಳ ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಬೆಂಬತ್ತಿ ಇದೇ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದ್ದಾರೆ ಮತ್ತು ಅನುಸರಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಿಂದಾಗಿ ಜ್ಞಾನದ ಸಂಚಯವೊಂದು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಬಹುತೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ನೀವು ನಿಜವೆಂದು ನಂಬುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳ ವಿವರಗಳಂತೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವೀಕ್ಷಣೆಯ ನಂತರದ ಹಂತಗಳು ಸರಳ ರೇಖೆಯಂತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. (ಹೀಗಾಗಿಯೇ, ವಿಜ್ಞಾನ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿನ ವಿಷಯಗಳಿಗಷ್ಟೇ ನಮ್ಮನ್ನು ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಿಕೊಂಡರೆ ನಾವು ಹಾದಿ ತಪ್ಪಬಹುದು!).

ತಂಪಾದ ವಾತಾವರಣವು ನಿಮ್ಮಲ್ಲಿ ನೆಗಡಿಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆಯೇ?

ನೆಗಡಿಗೆ ಕಾರಣವಾದ ವೈರಾಣು ಮೂಗಿನ ಒಳಗಿರುವ ಲೋಳೆ ಪದರವನ್ನು ರೋಗಗ್ರಸ್ತ–ವನ್ನಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ತಂಪಾದ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಈ ವೈರಾಣು ಬಲು ಬೇಗ ವೃದ್ಧಿಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು 60ರ ದಶಕದಲ್ಲಿಯೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದರು. ತೀರಾ ಇತ್ತೀಚೆಗಿನವರೆಗೂ ಹೀಗೇಕೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ದೇಹದ ರೋಗ ನಿರೋಧಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ತಂಪಾದ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿರುವುದೇ ನೆಗಡಿಗೆ ಕಾರಣವೇ ಹೊರತು ಛಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡ ವೈರಾಣುವಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದನ್ನು 2015ರಲ್ಲಿ ಜಪಾನಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡವೊಂದು ವರದಿ ಮಾಡಿತು. ಏಕೆ ನಮ್ಮ ದೇಹದ ರೋಗ ನಿರೋಧಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ತಡಬಡಾಯಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದು ಇನ್ನೂ ಸರಿಯಾಗಿ ತಿಳಿದಿಲ್ಲ.

ನೆಗಡಿಯಾದಾಗ ನೀವು ಆಂಟಿಬಯೋಟಿಕ್ಸ್ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕೆ?

ಪ್ರತಿಜೈವಿಕಗಳು ಅಥವಾ ಆ್ಯಂಟಿ ಬಯೋಟಿಕ್ಸ್‌ಗಳನ್ನು (ಆ್ಯಂಟಿ = ವಿರೋಧ; ಬಯೋಸ್ = ಜೀವವುಳ್ಳ) ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ ವಿರೋಧಿ ಔಷಧಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳು ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳ ಎದುರು ಮಾತ್ರ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ. ನೆಗಡಿಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವುದು ವೈರಾಣುವಾದ್ದರಿಂದ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡುವ ಆಂಟಿಬಯೋಟಿಕ್ಸ್ ಗಳಿಂದ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಜನವೂ ಇಲ್ಲ.

ನಾವೇಕೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಕುರಿತು ಆಸಕ್ತಿ ವಹಿಸಬೇಕು? ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ವಿಭಾಗ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಜೀವಕೋಶ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬಗ್ಗೆ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಅರ್ಥೈಸುವಿಕೆಯನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಆ ಕುರಿತು ಪ್ರಶ್ನಿಸಿದರೆ ಅವರು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಒಳ ಹೊರಗನ್ನು ವಿವರಿಸಿದರೂ ಅವರಿಗೆ ಅವೆಲ್ಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಕಾರಗಳಾದ ಸಸ್ಯವಿಜ್ಞಾನ, ಪ್ರಾಣಿವಿಜ್ಞಾನ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ, ರಸಾಯನವಿಜ್ಞಾನ ಹಾಗು ಗಣಿತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಕಷ್ಟು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮುನ್ನೂರಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ವರ್ಷಗಳ ನಿರಂತರ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಪ್ರತಿಫಲವೆನ್ನುವುದರ ಅರಿವಿರುವುದಿಲ್ಲ (ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ನೋಡಿ: 'The wacky history of Cell Theory' at http://ed.ted.com/lessons/the-wacky-history-of-celltheory). ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅರ್ಥೈಸುವಲ್ಲಿ ವಿಫಲವಾದರೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮಹತ್ವ ಹಾಗೂ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಪನಂಬಿಕೆ ಹುಟ್ಟಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಕಾರ್ಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕುರಿತ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದ ಮೇಲೆ ಅಗಾಧ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಮ್ಮೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮೇಲೆ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಲ್ಲಿ ಅಪನಂಬಿಕೆ ಹುಟ್ಟಿದರೆ ಹವಾಮಾನ ವೈಪರೀತ್ಯ, ಕುಲಾಂತರಿ ಬೆಳೆಗಳು ಹಾಗೂ ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿ ಲಸಿಕೆ ಮುಂತಾದ ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳ ಕುರಿತು ಸಂಶಯ ಹೆಡೆಯಾಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಷಯಗಳಲ್ಲೂ ಪರ ಹಾಗೂ ವಿರೋಧಿ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ಅನುಭವಿ ತಜ್ಞರಲ್ಲೇ 'ಮಾಹಿತಿಯ ಕೊರತೆಯಿದೆ' ಎಂದು ಜನರು ಅಪಾರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ವಾದವೇನೆಂದರೆ, ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟುವ ಇಂತಹಾ ಅಪನಂಬಿಕೆಗಳ ಮೂಲವು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ಹಾಗು ಸತ್ಯಗಳು ಹೇಗೆ ಹೊರ ಹೊಮ್ಮಿದವು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅರಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸದೇ, ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಜೀವನಪೂರ್ತಿ ಕಲಿಯುವಂತಹ ಮಾಹಿತಿಗಳ ಹಾಗು ಪರಿಹಾರಗಳ ಕ್ರೋಡೀಕರಣವಷ್ಟೇ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವುದಾಗಿದೆ. ಹೊಸ ಜ್ಞಾನದ ಮೇಲಿನ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನವನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸುವ ಮುನ್ನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸಮೂಹದ ಮಧ್ಯೆ ನಿರಂತರ ಚರ್ಚೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಉತ್ತರಗಳ (ಅಥವಾ ಸತ್ಯಾಸತ್ಯತೆಗಳ) ಕಂತೆಯಷ್ಟೇ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ ಕೆಲವು ಮುಕ್ತ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಜಾಗತಿಕ ತಾಪಮಾನ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ನೋಡುವುದಾದರೆ, ಈಗಿನ ತಾಪಮಾನ ಬದಲಾವಣೆಯು ನೈಸರ್ಗಿಕವೇ? ಅಥವಾ ಮನುಷ್ಯರಿಂದಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿರುವುದೇ? ಇವೆರಡರಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ನಿಜ? ಎಂಬಂತಹ ದ್ವಂದ್ವಗಳು ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ವಿಜ್ಞಾನವು ಮಾಹಿತಿಗಳ ಕಣಜವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾದದ್ದು; ನಮ್ಮ ಆಲೋಚನೆಗಳ ಪರಿ ಈ ವಿಜ್ಞಾನ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿ, ನಮ್ಮ ಗುರಿಯು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಆಲೋಚನೆಯನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದಾಗಿರಬೇಕು. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಕೇಳುವಂತಹ ಜನಪದ ಹಾಗು ನೀತಿ ಕಥೆಗಳು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ನೋಡಬೇಕಾದ ಕಲ್ಪನೆಯಾಗದೇ 'ಎಂದೂ ಬದಲಾಗದ ಸತ್ಯ'ಗಳಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತವೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಳೆಯುವ ಸಮಯವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ತಾವು ಕೇಳಿದ ಕಥೆಗಳನ್ನು ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಸಾಧನದಂತಿರಬೇಕು. 'ತಂಪಾದ ವಾತಾವರಣವು ನಿಮಗೆ ನೆಗಡಿಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ' ಅಥವಾ "ಮಾನವ ದೇಹವು ಸಸ್ಯಾಹಾರಕ್ಕೆ ತಕ್ಕುದಾಗಿ ರಚನೆಗೊಂಡಿದೆ" ಎಂಬಂತಹ ಸಾಮಾನ್ಯರ ಅರಿವಿನ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸುವಂತಿರಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ವಿಜ್ಞಾನ ತರಗತಿಗಳು ಉಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನಗಳ ಜೊತೆಗೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ತಾರ್ಕಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಕುಶಲತೆಯನ್ನು ಕಲಿಸಬೇಕು.

ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದುದ್ದಕ್ಕೂ ತುಂಬಿಹೋಗಿರುವ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನದ ಮಿತಿ ಎಷ್ಟೆಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೇ, ವಾಸ್ತವಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಜ್ಞಾನವು ಆಯಾ ಕಾಲಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಸಾಧನಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುವುದು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ

ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ನರ ವಿಜ್ಞಾನ ಇತಿಹಾಸದ ಒಂದು ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಘಟನೆಯು ಮುಂದುವರೆದ ಸಾಧನಗಳು ಜ್ಞಾನದ ಪರಿಧಿಯನ್ನು ವಿಸ್ತಾರಗೊಳಿಸುವ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇಟಾಲಿಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಕೆಮಿಲ್ಲೋ ಗೋಲ್ಗಿಯು 1873ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಮೆದುಳಿನ ಅಂಗಾಂಶವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ನವೀನ ತಾಂತ್ರಿಕತೆಯ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಜೊತೆಗೆ, ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಅಪಾರವಾದ ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ನೀಡಿದ್ದಾನೆ. 1838–39ರ ಸಮಯದಲ್ಲೇ ಜೀವಕೋಶ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಜನಜನಿತವಾಗಿದ್ದರೂ ಆ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ನರ ಮಂಡಲದ ಕೋಶಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಯಾರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿವರಣೆಯಾದ 'ರೆಟಿಕ್ಯುಲರ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ'ವು ನೆಲೆಯೂರತೊಡಗಿತ್ತು. ನರಮಂಡಲವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬೆಸೆದುಕೊಂಡ ಉದ್ದನೆಯ ಹಲವಾರು ನಾರಿನ ಜಾಲದಿಂದುಂಟಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿತು. ಗೋಲ್ಗಿಯ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ನರಕೋಶಗಳನ್ನು ಅಖಂಡವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿತು. ಹಲವಾರು ಟಿಸಿಲುಗಳಂತೆ ಚಾಚಿಕೊಂಡ ಪೊರೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ, ಗೋಲ್ಗಿಯು ಪೊರೆಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಜಾಲರಿಯಂತೆ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿದ್ದನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ 'ರೆಟಿಕ್ಯುಲರ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ'ವೇ ಸರಿ ಎಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟನು (ಕವಲೊಡೆದ ನರಕೋಶದ ತುದಿಯು ಡೆಂಡ್ರೈಟ್‌ಗಳೆಂದು ಈಗ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ). ನಂತರ, ಸ್ಪೇನ್ ದೇಶದ ಸ್ಯಾಂಟಿಯಾಗೋ ರಾಮೋನ್ ವೈ ಕಾಜಲ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಗೋಲ್ಗಿಯ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಿದನು. ಅದರ ಫಲವಾಗಿ ನರಕೋಶಗಳ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಮೆದುಳಿನ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಕುರಿತು ಆತನಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅರಿವಾಯಿತು. ಆತನು 'ನರಕೋಶ (ನ್ಯೂರಾನ್) ಸಿದ್ಧಾಂತ'ವನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸಿ 1888ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಬೇರೆ ಅಂಗಾಂಶಗಳಂತೆ ಮೆದುಳಿನ ಅಂಗಾಂಶವೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಗೆಯ ಕೋಶಗಳಿಂದಾಗಿವೆ ಎಂಬ ಆತನ ಈ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವು ರೆಟಿಕ್ಯುಲಾರ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದವರು (ಗೋಲ್ಗಿಯೂ ಸೇರಿದಂತೆ) ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದಂತೆ ಇದು ಜೀವ ಕೋಶ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಹೊರತಾದುದಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಿದೆ. ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ಧ್ರುವಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಗೋಲ್ಗಿ ಮತ್ತು ಕಾಜಲ್‌ರು ನರವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಭದ್ರ ಬುನಾದಿಯನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಟ್ಟರಲ್ಲದೇ 1906ರಲ್ಲಿ ಜಂಟಿಯಾಗಿ ವೈದ್ಯಕೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು ಗಳಿಸಿದರು.

ಚಿತ್ರ 2. ಕಾಜಲ್ ಮತ್ತು ಗೋಲ್ಗಿ.

ಅ. 'ಲ್ಯಾಬೋರೇಟೋರಿಯೋ ಡಿ ಇನ್ವೆಸ್ಟಿಗೇಸಿಯೋನಸ್ ಬಯೋಲೋಜಿಕಾಸ್' ನ ಗ್ರಂಥಾಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಯಾಂಟಿಯಾಗೋ ರಾಮೊನ್ ವೈ ಕಾಜಲ್ (1930). ಎಡ–ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವುದು ಆತ ಬಹುವಾಗಿ ಹೆಮ್ಮೆ ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಮತ್ತು ವಿಖ್ಯಾತವಾಗಿದ್ದ ಹೆಲ್ಮೋಲ್ಟ್ಝ್‌ನ ಚಿನ್ನದ ಪದಕ. ಐವತ್ತು ಪೆಸೆಟಾಸ್ ನೋಟಿನಲ್ಲಿ (ಎಡ–ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿರುವುದು) ಮುದ್ರಣಗೊಂಡಿರುವ ಕಾಜಲ್‌ನ ಚಿತ್ರವು ಆತನ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಆತ ಪ್ರಖ್ಯಾತನಾಗಿದ್ದ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಬ. ಇಟಲಿಯ ಪಾವಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಮ್ಯೂಸಿಯಮ್ಮಿನಲ್ಲಿ ಸಂರಕ್ಷಿಸಿಡಲಾದ ಕೆಮಿಲ್ಲೋ ಗೋಲ್ಗಿ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕ, ಕೆಲವು ಬಣ್ಣಗಳು ಹಾಗು ಅಂಗರಚನಾ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಾಗುವ ಕೆಲ ಉಪಕರಣಗಳು (ಎಡ–ಮೇಲ್ಭಾಗ). ಇಟಲಿಯಲ್ಲಿ ಗೋಲ್ಗಿಯು ಪ್ರಖ್ಯಾತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿದ್ದ. ಪಾವಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಗೋಲ್ಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಇಂಪ್ರೆಗ್ನೇಟ್ ವಿಧಾನ 'ರಿಯಾಝಿಯೋನೆ ನೆರಾ'ದ ನೂರನೇ ವರ್ಷಾಚರಣೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಹೊರತಂದ ಸ್ಮರಣಾರ್ಥಕ ಸ್ಟಾಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ಗೋಲ್ಗಿಯ ಚಿತ್ರವು ಈ ಮಾತನ್ನು ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತದೆ (ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕೆಳಕ್ಕೆ).

ಆಕರ: ಜುವಾನ್ ಎ. ಡಿ ಕಾರ್ಲೋಸ್ ಹಾಗು ಜೋಸ್ ಬೊರ್ರೆಲ್ ಅವರ 'ನರವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಬುನಾದಿಯನ್ನು ಹಾಕುವಲ್ಲಿ ಕಾಜಲ್ ಮತ್ತು ಗೋಲ್ಗಿಯವರ ಅಸಾಧಾರಣ ಕೊಡುಗೆಯ ಇತಿಹಾಸದ ಹೆಜ್ಜೆಗಳು' ಲೇಖನ. ಬ್ರೇನ್ ರಿಸರ್ಚ್ ರಿವ್ಯೂಸ್, 55 (2007), 8–16. URL: http://hobertlab.org/wp-content/uploads/2013/03/DeCarlos_2007.pdf. License: Used with permission of the rights owner.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ಹೇಗೆ ಆಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರ ಹಿನ್ನೆಲೆಯುಳ್ಳ ಕಥೆಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡರೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಪಠ್ಯ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತಾರೆ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಕುತೂಹಲವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸಿದ್ದರಿಂದಲೇ ಮಹತ್ವದ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳುಂಟಾದವು ಎಂಬ ಕಥೆಗಳಿಗಿಂತ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕುತೂಹಲ ಮೂಡಿಸುವ ಕಥೆ ಇನ್ನಾವುದು ಇದ್ದೀತು! ನಮ್ಮ ಮೆದುಳು ಕಥೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸತ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಸಮೀಕರಿಸುವುದು ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆಯಲು ಇದೊಂದು ಉತ್ತಮ ನಡೆ.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನಾಲಯಗಳಿಗೆ ಸಂದರ್ಶಿಸುವುದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಸಲು ಇರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಮಾರ್ಗ. ಈ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಹೇಗಾಗುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಕಣ್ಣಾರೆ ಕಾಣುವುದಲ್ಲದೇ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೊಡನೆ

ಸಂಭಾಷಣೆ ನಡೆಸಿ, ಅವರೇನು ಮಾಡುತ್ತಾರೆ, ಏಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ? ಏಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನೇ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗಿದ್ದಾರೆ ಎಂದೆಲ್ಲಾ ಪ್ರಶ್ನಿಸಿ ಉತ್ತರ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವುದು ಮೂಲ ಉದ್ದೇಶವಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಅರಿವಿರುವ ಭವಿಷ್ಯದ ಜಾಗೃತ ನಾಗರಿಕರನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವುದು ಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದಿಂದಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮ್ಮ ಬಗ್ಗೆ, ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ, ತಮ್ಮ ಬಳಗದ ಹಾಗೂ ಪರಿಸರದ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಕಡೆಯದಾಗಿ, ಭೂಗ್ರಹದ ಬಗ್ಗೆ ವಿಶಾಲ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಹೊಂದಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ದಿನನಿತ್ಯ ಎದುರಾಗಬಹುದಾದ ಹಲವಾರು ನೈಜ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ – ತಳಿ ತಿರುಚಿದ ಆಹಾರಗಳು ಸುರಕ್ಷಿತವೇ? ಭಾರತೀಯರು ಔಷಧ ನಿರೋಧಕ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳಿಂದ ಹರಡುವ ರೋಗಗಳ ಕುರಿತು ಚಿಂತಿತರಾಗಬೇಕೇ? ಜಾಗತಿಕ ಹವಾಮಾನ ವೈಪರೀತ್ಯವು ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತವೇ ಅಥವಾ ಭೂಮಿಯ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಸಹಜವಾದ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯೇ?

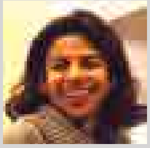
ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯು ನಮ್ಮ ಬಳಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಸಾಧನಗಳ ಗುಣಮಟ್ಟದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಯುವ ಮನಸ್ಸುಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಜೀವನಾನುಭವವನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ ಸಾಗುವಾಗ, ತಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ವಿಷಯಗಳು ಹೇಗೆ ಘಟಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಕಲಿಯುವಾಗ, ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವುದು ವಿವೇಕಯುತವಾದದ್ದು. ಪ್ರಶ್ನೆಯೇನೆಂದರೆ, ಭವಿಷ್ಯದ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನಾವು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆಯೇ? ವಿಜ್ಞಾನವು ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಲು ಹಾಗೂ ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಹಾಯ ಮಾಡುವ ಮುಖಾಂತರ ಮಾನವನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಜಾಗೃತಗೊಳಿಸಲು ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ವಿಜ್ಞಾನವು ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ.

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Stained culture of rat brain cells. GerryShaw, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Culture_of_rat_brain_cells_stained_with_antibody_to_MAP2_(green),_Neurofilament_(red)_and_DNA_(blue).jpg. License: CC-BY-SA.

Further readings:

1. Wikipedia contributors. "Blind men and an elephant." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Web. 4 Nov 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Blind_men_and_an_elephant.
2. Dworkin, B. 2003. Why antibiotics don't kill viruses. Web. 4 November 2016. URL: http://www.drbarrydworkin.com/articles/medicine/infectious-disease-articles/microbiology-101-why-antibiotics-dont-kill-viruses/
3. The story behind the science. Web. 4 November 2016. URL: https://www.storybehindthescience.org/.

ಅನಿಲ್ ಕುಮಾರ್ ಚಲ್ಲಾ ಇವರು ಅಮೇರಿಕೆಯ ಬರ್ಮಿಂಗ್‌ಹ್ಯಾಮ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಅಲಬಾಮಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ತಳಿವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬೋಧಕರು. ಝೀಬ್ರಾ ಮೀನನ್ನು ಮಾದರಿಯನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಕಣ ಮತ್ತು ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ತಳಿವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಡಾಕ್ಟರಲ್ ಹಂತದ ಪರಿಣತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಝೀಬ್ರಾ ಮೀನಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ ಇಲಿ ಹಾಗು ಸುಂಡಿಲಿಗಳನ್ನೂ ತಮ್ಮ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ, ಪದವಿಯ ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರ ಅಧ್ಯಾಪನವನ್ನು ಹಲವಾರು ವಿಸ್ತೃತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: challa.anilkumar@gmail.com



ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್ ಇವರು ಇಂಡಿಯಾ ಬಯೋಸೈನ್ಸ್‌ನ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಸಂಯೋಜಕಿ. ನರವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿರುವ ಇವರ ಒಲುಮೆಯಿರುವುದು ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಬಂಧಿ ಬರವಣಿಗೆಗಳಲ್ಲಿ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: reeteka@indiabioscience.org.

ಅನುವಾದಕರು: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ನಿರ್ಮಲಾ ಜಿ.ವಿ.

ಕಸವೆಂಬೋ ನಿಧಿ:
ನಿಮ್ಮ ಕೈತೋಟದಲ್ಲಿನ ಬಂಗಾರದ ಗಣಿ

ರಾಧಿಕಾ ಪದ್ಮನಾಭನ್

ಕಸ ವಿಲೇವಾರಿಯಲ್ಲಿನ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಕಪಿಮುಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸಿಲುಕಿ ನಗರ ಹಾಗೂ ಪಟ್ಟಣಗಳು ನಲುಗುತ್ತಿರುವುದು ಒಂದೆಡೆಯಾದರೆ, ಮತ್ತೊಂದೆಡೆ ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಆಹಾರದ ಸಮಸ್ಯೆಯ ನಿವಾರಣೆಯಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಬಲ್ಲದು ಎನ್ನುವ ಅರಿವು ಮೂಡುತ್ತಿದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ವಿಷಯಗಳಿಗಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಾವು ಅರಿಯುವುದೆಂತು? ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕಸವು ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯ ನಿಧಿಯಾಗಬಹುದೇ? ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಗೊಬ್ಬರವನ್ನಾಗಿಸಿ ಆಹಾರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಪುರಾತನ ವಿಧಾನವನ್ನು ತಮ್ಮ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಬಗ್ಗೆ ಲೇಖಕಿ ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲಿದ್ದಾರೆ.

ಜನಸಂಖ್ಯಾ ಸ್ಫೋಟ, ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಕೈಗಾರಿಕೀಕರಣ ಮತ್ತು ಕೊಳ್ಳುಬಾಕ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯ ಆಧುನಿಕ ಜೀವನಶೈಲಿಯು ಕೈಗಾರಿಕೆ ಹಾಗೂ ಮನೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತಿರುವ ಕಸದ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ವೈವಿಧ್ಯವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿವೆ. ಕಸದ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ನಿರ್ವಹಣೆ ಹಾಗು ಸುಸ್ಥಿರ ಮರುಬಳಕೆಯ ವಿಧಾನಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲಾಗಿದೆ. ದಿನದಿಂದ ದಿನಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಕಸವು ಗುಂಡಿಯನ್ನು ತುಂಬಿಕೊಂಡು, ಕೊಳೆಯುತ್ತಾ, ಹೊರಚೆಲ್ಲುತ್ತಾ ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಮೀಸಲಿಟ್ಟಿರುವ ಶಕ್ತಿ, ಭೂಭಾಗ ಹಾಗೂ ಜಲ ಸಂಪನ್ಮೂಲವನ್ನು ಕಬಳಿಸುತ್ತಿದೆ. ಕಸ ವಿಲೇವಾರಿಯ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಸಂಕೀರ್ಣಗೊಳಿಸಲೋ ಎಂಬಂತೆ ಕಳೆದ ಮೂರು ದಶಕಗಳಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಮತ್ತು ಗಾಜಿನಂತಹ ಕೊಳೆಯದ ವಸ್ತುಗಳ ಬಳಕೆಯು ತೀರಾ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮನೆ ಬಳಕೆಯ ತ್ಯಾಜ್ಯದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ನ ಪ್ರಮಾಣವೇ 1971ರಲ್ಲಿ ಶೇಕಡಾ 0.7ರಷ್ಟು ಇದ್ದದ್ದು 2005ರಲ್ಲಿ ಶೇಕಡಾ 9.22ಕ್ಕೆ ಏರಿದೆ.

ಈ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಗೊಬ್ಬರವನ್ನಾಗಿಸುವುದು ಬಹುಸೂಕ್ತ ಎನಿಸುತ್ತದೆ. ಸರಳವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಸಾವಯವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸಸ್ಯಗಳ ಎಲೆ-ಕಡ್ಡಿ ಇತ್ಯಾದಿ, ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ, ಶಿಲೀಂಧ್ರ, ಹುಳುಗಳು ಮತ್ತಿತರೆ ಜೀವಿಗಳಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿತ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ, ಆಮ್ಲಜನಕದ ಉಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ)

ಚಿತ್ರ 1. ನೆಲ ಮತ್ತು ಜಲವನ್ನು ಕಲುಷಿತಗೊಳಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಸದ ಕುಣಿಗಳು

Credits: Ted Mathys, 2009 AP Fellow. Location: Delhi, India. Partner: Chintan. URL: https://www.flickr.com/photos/advocacy_project/3638204454. License: CC-BY -NC-SA.

ಚಿತ್ರ 2. ಆಹಾರ 'ತ್ಯಾಜ್ಯ' ತ್ಯಾಜ್ಯವಲ್ಲ, ನಿಧಿ!
Credits: Smabs Sputzer. URL: https://www.flickr.com/photos/10413717@N08/3927456430. License: CC-BY.

ಆಧುನಿಕ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ವಿಧಾನಗಳ ಉಗಮವಾಗಿದ್ದು ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಎಂಬುದು ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತೇ?

ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಉಗಮವಾದದ್ದು ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಎನ್ನುವುದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರ ವಿಷಯ. ಸರ್ ಅಲ್ಬರ್ಟ್ ಹೋವರ್ಡ್ ಎನ್ನುವ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಕೃಷಿತಜ್ಞ 1905 ರಲ್ಲಿ ಭಾರತಕ್ಕೆ ಬಂದರು. ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ತನಕ ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿ ಮತ್ತು ಸಾವಯವ ಕೃಷಿಯ ಕುರಿತು ವಿವಿಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದರು. ಒಂದು ಭಾಗ ಸೆಗಣಿ ಮತ್ತು ಮೂರು ಭಾಗ ಸಸ್ಯ-ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಮೇಲೆ ಒಂದರಂತೆ ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ, ಕ್ರಮೇಣ ಕೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಅವುಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಈ ರೀತಿ ದೊರೆಯುವ ಗೊಬ್ಬರವು ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅವರು ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದರು (ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಇಂದೋರ್ ವಿಧಾನವೆಂದೇ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ). ಅವರು ತಮ್ಮ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನು 1943ರಲ್ಲಿನ 'ಆ್ಯನ್ ಅಗ್ರಿಕಲ್ಚರ್ ಟೆಸ್ಟಮೆಂಟ್' ಎನ್ನುವ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಸಾವಯವ ಕೃಷಿಯನ್ನು ಕುರಿತು ಒಲುಮೆಯನ್ನು ಮತ್ತೆ ಹುಟ್ಟಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದ ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಅಲ್ಬರ್ಟ್‌ರಿಗೆ 'ಆಧುನಿಕ ಸಾವಯವ ಕೃಷಿ ಮತ್ತು ತೋಟಗಾರಿಕೆಯ ಪಿತಾಮಹ' ಎನ್ನುವ ಬಿರುದನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಕೊಳೆಯಿಸಿದರೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಗೊಬ್ಬರವು ಮಣ್ಣಿಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿ, ಮಣ್ಣನ್ನು ಫಲವತ್ತಾಗಿಸಿ ಆರೋಗ್ಯಕರವಾದ ಆಹಾರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಬಹುಪಯೋಗಿ. ಹೀಗೆ, ವಿಕೇಂದ್ರೀಕೃತ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಹಾಗೂ ಅದರ ಅಗತ್ಯದ ಕುರಿತು ವ್ಯಾಪಕ ಪ್ರಚಾರವು ಮನೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುವ ತ್ಯಾಜ್ಯದ ಸಾವಯವ ಹಾಗೂ ಜೈವಿಕವಾಗಿ ವಿಘಟನೆಗೊಳಪಡುವ ಭಾಗದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಸುಸ್ಥಿರ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಿಹಾರ ದೊರಕಿಸಿಕೊಡುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಸ್ಥೆಗಳ ಪಾತ್ರ ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಲ್ಲದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧನೆ ಈಗ ಸ್ವಯಂ ಸಾಕಾಗುತ್ತಿಲ್ಲ; ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಮೂಲಕ ಹೇಗೆ ತಮ್ಮ ಹಾಗೂ ಇತರರ ನಾಳೆಗಳನ್ನು ಸುಸ್ಥಿರ ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ಸುಂದರಗೊಳಿಸಬಹುದು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡುವಂತಹ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಸ್ಥೆಗಳು ಒದಗಿಸಿಕೊಡಬೇಕು. ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡರೆ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಅವರ ಕಾರ್ಯವು ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ಪೂರಕವಾಗಬಲ್ಲದು ಎನ್ನುವುದರ ಅರಿವನ್ನು ಮೂಡಿಸುತ್ತದೆ. ಮಾಲಿನ್ಯಕಾರಕ ಸಾವಯವ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಳೆಯಿಸಿ ತಯಾರಿಸಿದ ಗೊಬ್ಬರವು ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಪ್ರಯೋಜನವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲದು ಎನ್ನುವುದು ಅವರಿಗೆ ಮನದಟ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ತಾವು ಪಾಲ್ಗೊಳ್ಳುವ ಮೂಲಕ ಕಲಿತ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಮ್ಮ ಕುಟುಂಬ ಮತ್ತು ನೆರೆಹೊರೆಯವರೊಂದಿಗೆ ಚರ್ಚಿಸುವುದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಜನರಿಗೆ ಈ ವಿಷಯದ ತಿಳುವಳಿಕೆ ಮೂಡತೊಡಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 3. ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ: (ಅ) ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಮ್ ಜಾಲರಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳು. (ಬ) ಹಸಿ ತೆಂಗಿನ ಸಿಪ್ಪೆಯ ಹಾಸು. (ಕ) ಎರೆಹುಳುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಮಣ್ಣು. (ಡ) ಒಣ ಎಲೆಗಳ ಹೊದಿಕೆ.
Credits: Pawar Public School, Bhandup. License: CC-BY-NC.

ಶಾಲೆಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಗೊಬ್ಬರದ ತಯಾರಿ

ಮಹಾರಾಷ್ಟ್ರದ ಭಂಡುಪ್ ಪ್ರಾಂತ್ಯದ ಪವಾರ್ ಪಬ್ಲಿಕ್ ಶಾಲೆಯವರಾದ ನಾವು ನಮ್ಮ ಶಾಲೆಯ ಉದ್ಯಾನವನದಲ್ಲಿ ಬೀಳುವ ಎಲೆ, ಕಸ-ಕಡ್ಡಿ ಮುಂತಾದ ಹಸಿರು ತ್ಯಾಜ್ಯ ಹಾಗೂ ಕ್ಯಾಂಟೀನಿನ ಆಹಾರದ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಎರೆಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಆರಂಭಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಸುಸ್ಥಿರ ಮಾದರಿಯ ಈ ಯೋಜನೆಯು ಕಡಿಮೆ ಖರ್ಚಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಾ ಯಶಸ್ಸನ್ನು ಕಂಡಿದೆ.

ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಮ್‌ನ ಜಾಲರಿಯನ್ನು (ಗಾಳಿಯಾಡಲು) ಹೊಂದಿರುವ, ಲೋಹದ ಮುಚ್ಚಳಗಳುಳ್ಳ ಎರಡು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಎರೆಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ತಯಾರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳ ತಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹಸಿ ತೆಂಗಿನ ಸಿಪ್ಪೆಯನ್ನು ಹಾಸಿ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಎರೆಹುಳುಗಳನ್ನು ತುಸು ಮಣ್ಣಿನೊಂದಿಗೆ ಹರಡಿ ಶಾಲೆಯ ಕೈತೋಟದಲ್ಲಿ ಜಮೆಯಾಗುವ ಒಣ ಎಲೆಗಳಿಂದ ಮುಚ್ಚುತ್ತೇವೆ. ಬಿಸಿಲಿನ ತಾಪದಿಂದ ಒಳಗಿನ ವಸ್ತುಗಳು ಒಣಗದಂತೆ ರಕ್ಷಿಸಲು ಹಸಿರು ಬಟ್ಟೆಯಿಂದ ಆ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳನ್ನು ಮರೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಇದಲ್ಲದೇ, ತೇವಾಂಶವನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರತಿನಿತ್ಯ ಮಣ್ಣಿಗೆ ನೀರನ್ನು ಸಿಂಪಡಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಜೀವಿ ಮತ್ತು ಎರೆಹುಳುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಯಾವುದೇ ವಿಘ್ನ ಬಾರದು.

ಎರೆಹುಳುಗಳ ಮಹತ್ವ

ಎರೆಹುಳುಗಳು ಮಣ್ಣಿನ ರಚನೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿ, ನೀರನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡುವ ಪ್ರಮಾಣ ಹಾಗೂ ಮಣ್ಣಿನ ಸಾರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆಯೆಂದು ನಮಗೆಲ್ಲ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಆದರೆ, ಇವಿಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ ಅದರ ಕೆಲಸ! ಅದು ತನಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಾವಯವ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ತಿನ್ನುವ ಬಕಾಸುರ ಎನ್ನುವ ವಿಷಯ ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತೇ? ಪಚನವಾದ ನಂತರ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗುವ ಎರೆಹುಳುವಿನ ಮಲವು ಸಸ್ಯಗಳಿಗೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಗೊಬ್ಬರವಾಗಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾದ ಹಾರ್ಮೋನು ಹಾಗೂ ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 4. ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು. (ಅ) ಹಸಿರು ತ್ಯಾಜ್ಯ ಮತ್ತು ಹೂವುಗಳನ್ನು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗೆ ಹಾಕುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ತೋಟದ ಮಾಲಿ. (ಬ) ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ತೂಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು.
Credits: Pawar Public School, Bhandup. License: CC-BY-NC.

ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ನಮ್ಮ ದೈನಂದಿನ ಚಟುವಟಿಕೆಯಾಗಿಬಿಟ್ಟಿದೆ. ಪ್ರತೀ ದಿನವೂ ಹಸಿ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು (ಕ್ಯಾಂಟೀನಿನ ತ್ಯಾಜ್ಯ ಹಾಗೂ ಎಲೆ-ಕಡ್ಡಿ, ಹೂವು ಇತ್ಯಾದಿ) ತೂಗಿ, ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ದಾಖಲಿಸಿಕೊಂಡು ನಂತರ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳಿಗೆ ಹಾಕುತ್ತೇವೆ. ಆಯಾ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಿಂದ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಹಂತ-ಹಂತವಾಗಿ ತೆಗೆಯುವಾಗಲೂ ಎಷ್ಟು ಗೊಬ್ಬರ ಸಿಕ್ಕಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅಳೆದು, ತೂಗಿ ದಾಖಲಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ತ್ಯಾಜ್ಯ ಹಾಗೂ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡು ಹೇಗೆ ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ತ್ಯಾಜ್ಯವು ಕೊಳೆತು ಗೊಬ್ಬರವಾಗಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅವರಿಗೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ 250 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ನಷ್ಟು ಹಸಿರು ತ್ಯಾಜ್ಯವು 40 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮುಕ್ತ ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರವಾಗಿ ಬದಲಾಗಿತ್ತು. ನಂತರದ ಹಂತದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ 50 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ ಗೊಬ್ಬರವು ಸಿಕ್ಕಿತ್ತು.

ಯಾವುದೇ ಖರ್ಚಿಲ್ಲದೇ, ಮಾಲಿನ್ಯವಿಲ್ಲದೇ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರವು ಶಾಲೆಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿಯೇ ತಯಾರಾಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಕೈತೋಟ ನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಈಗ ನಾವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗೊಬ್ಬರಕ್ಕಾಗಿ ಯಾವುದೇ ಖರ್ಚನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿಲ್ಲ. ಇಷ್ಟಲ್ಲದೇ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಉದ್ಯಾನದ ಪರಿಣಿತರೊಡಗೂಡಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ನಮ್ಮ ಶಾಲೆಯ 'ಉದ್ಯಾನ ಸಂಘ'ವು ಎರೆಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಆಲಂಕಾರಿಕ ಸಸ್ಯ ಹಾಗೂ ಹಣ್ಣು-ತರಕಾರಿಯ ಗಿಡಗಳನ್ನು ಶಾಲೆಯ ಉದ್ಯಾನವನದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸುತ್ತಿದೆ. ಶಾಲೆಯ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಪೋಷಕರು ನಾವು ತಯಾರಿಸಿದ ಎರೆಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಪ್ರತಿ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗೆ ಮೂವತ್ತು ರೂಪಾಯಿಯಂತೆ ಕೊಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಅವಕಾಶ ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಎರೆಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಖರೀದಿಸಿ, ಬಳಸಲು ತೊಡಗಿದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಸಿಬ್ಬಂದಿಗಳು ಅವರ ಕೈತೋಟದ ಹೂವು-ಹಣ್ಣುಗಳ ಆಕರ್ಷಕ ಬಣ್ಣ, ಗಾತ್ರ, ಸುವಾಸನೆ ಮತ್ತು ಸ್ವಾದಿಷ್ಟ ರುಚಿ ವೃಧ್ಧಿಸಿದ್ದರ ಬಗ್ಗೆ ಉತ್ತೇಜನಕಾರಿ ಮಾತುಗಳನ್ನಾಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಸಾರ್ವಜನಿಕರಿಗೆ ಮುಕ್ತವಾದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಶಾಲೆಯ ಅಂಗಡಿಯೆದುರು ಎರೆಗೊಬ್ಬರಕ್ಕಾಗಿ ಪೋಷಕರು ಜೇನುಹುಳುಗಳಂತೆ ಮುತ್ತುತ್ತಾರೆ.

ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿ, ತ್ಯಾಜ್ಯ ಆಹಾರವನ್ನು ಮರುಬಳಕೆಮಾಡಿ ಪುನಃ ಆಹಾರವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾದೆವೆನ್ನುವ ಜ್ಞಾನ ಲಭ್ಯವಾಗಿದೆಯಲ್ಲಾ, ಅದು ನಮಗೆ ಆತ್ಮತೃಪ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡುವಂತಹದ್ದು! ಈ ಕಾರ್ಯವು ಸಾವಯವ ತ್ಯಾಜ್ಯವು ತ್ಯಾಜ್ಯವಲ್ಲ, ಬದಲಾಗಿ ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯವಾದ ನಿಧಿಯೆನ್ನುವ ಅರಿವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ, ಶಿಕ್ಷಕರು ಹಾಗೂ ಪೋಷಕರ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಉದ್ಯಾನವನದ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿರುವ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಯೋಜನೆಗೆ ಶಾಲೆಗೆ ಭೇಟಿ ನೀಡುವವರು ಬೆನ್ನುತಟ್ಟುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

ಚಿತ್ರ 5. ಗೊಬ್ಬರ – ತೋಟಗಾರರ ಅಚ್ಚುಮೆಚ್ಚಿನ ವಸ್ತು!
Credits: Pawar Public School, Bhandup.
License: CC-BY-NC.

ಮರುಬಳಕೆ ಹಾಗೂ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಸಮರ್ಥನೆಯಾಗಿ ಐದು ಕಾರಣಗಳು

1. **ತ್ಯಾಜ್ಯದ ಮರುಬಳಕೆ!** ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯೊಬ್ಬ ವರ್ಷಕ್ಕೆ 200 ಕಿ.ಗ್ರಾಂನಷ್ಟು ಘನ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತಾನೆ. ಅಂದರೆ ಇದು ತುಂಬಾ ಜಾಸ್ತಿಯಲ್ಲವೇ? ಗೃಹ ತ್ಯಾಜ್ಯದ ಶೇಕಡಾ ನಲವತ್ತು ಭಾಗ ಸಾವಯವ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನೆನಪಿಡಿ. ಇಂತಹಾ ಸಾವಯವ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಗೊಬ್ಬರವನ್ನಾಗಿಸುವ ಮೂಲಕ ಸುಸ್ಥಿರ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯುತವಾಗಿ ನಾವು ಕಸವನ್ನು ವಿಲೇವಾರಿ ಮಾಡಬಹುದು.

2. **ಹಣದ ಉಳಿತಾಯ!** ರಾಸಾಯನಿಕ ಗೊಬ್ಬರ ಕೊಳ್ಳುವ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲ! ಗೊಬ್ಬರ ಉಚಿತ!

3. **ಮಣ್ಣಿನ ಗುಣಮಟ್ಟದ ಸುಧಾರಣೆ!** ಜೈವಿಕ ಗೊಬ್ಬರವು ಮಣ್ಣಿಗೆ ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಮುಖಾಂತರ ಮಣ್ಣಿನ ಗುಣಮಟ್ಟ ಮತ್ತು ಫಲವತ್ತತೆಯನ್ನು ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿಡುತ್ತದೆ. ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗೊಬ್ಬರಗಳಂತೆ ಸಸ್ಯಗಳನ್ನು ಸುಡದೆ ಮಣ್ಣಿಗೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸುತ್ತಾ ಜಿಗುಟು ಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಓಡಾಟವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ ಹಾಗು ಮರಳು ಮಣ್ಣಿಗೆ ನೀರನ್ನು ಹಿಡಿದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವ ಗುಣವನ್ನು ಕೊಡಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟಲ್ಲದೇ, ಸಾವಯವ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಮೂಲಕ ಜೈವಿಕ ಗೊಬ್ಬರವು ಸಸ್ಯಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇಳುವರಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

4. **ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ನಿಮ್ಮಿಂದಾಗಬಹುದಾದ ಕೆಡುಕನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ!**
   - ಈ ಮುಂದೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಉಂಟಾಗುವ ಹಸಿರು ಮನೆ ಅನಿಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ: (ಅ) ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಕಸದ ಗುಂಡಿಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲು ಬಳಸುವ ವಾಹನಗಳು ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನು ಹೊರ ಸೂಸುತ್ತವೆ. (ಬ) ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ಕಸದಕುಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೊಳೆಯುವ ಜೈವಿಕ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳು ಮೀಥೇನ್ ಅನಿಲವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಹಸಿರು-ಮನೆ ಅನಿಲವಾದ ಮೀಥೇನ್, ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ಗಿಂತ ಇಪ್ಪತ್ತೊಂದು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಅಪಾಯಕಾರಿ.
   - ಈ ಮುಂದಿನಂತೆ ಉಂಟಾಗುವ ಜಲ ಮಾಲಿನ್ಯವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ: (ಅ) ರಾಸಾಯನಿಕ ಗೊಬ್ಬರವು ಹರಿಯುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆರೆತು ನದಿ, ಕೆರೆ, ಸರೋವರ, ಸೇರುತ್ತದೆ; ಮತ್ತು (ಬ) ಕಸದ ಗುಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಗೊಂಡ ಸಾವಯವ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳು ಲೋಹಗಳೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿ ಅಪಾಯಕಾರಿ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸಿ ಅಂತರ್ಜಲವನ್ನು ಮಲಿನ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

5. **ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಸಂರಕ್ಷಣೆ!** ಜೈವಿಕ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನಾಗಿಸುವುದರಿಂದ ನೀವು:
   - ತ್ಯಾಜ್ಯದ ಸಂಗ್ರಹಣೆ ಮತ್ತು ಗೊಬ್ಬರ ಗುಂಡಿಗಳಿಗೆ ಸಾಗಾಟ ಮಾಡುವ ವೆಚ್ಚ ಹಾಗು ಇಂಧನವನ್ನು ಉಳಿಸಬಹುದು.
   - ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯವಾದ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಕಸದ ಗುಂಡಿಗಳಿಂದ ದೂರವಿಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಈಗಿರುವ ಕಸದ ಗುಂಡಿಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.
   - ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಗೊಬ್ಬರವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ಮರಳಿ ಮಣ್ಣಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಧವಸಧಾನ್ಯದ ಇಳುವರಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು!
   - ಸಾವಯವ ಗೊಬ್ಬರವು ನೀರನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡುವುದರಿಂದ ಸಸ್ಯಗಳಿಗೆ ಕಡಿಮೆ ನೀರು ಸಾಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ನೀರಿನ ಉಳಿತಾಯವನ್ನೂ ಮಾಡಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯ ಅಳಿವು ಉಳಿವಿನ ಪ್ರಶ್ನೆ ಎಂಬಂತೆ ಬೋಧಿಸುವುದು

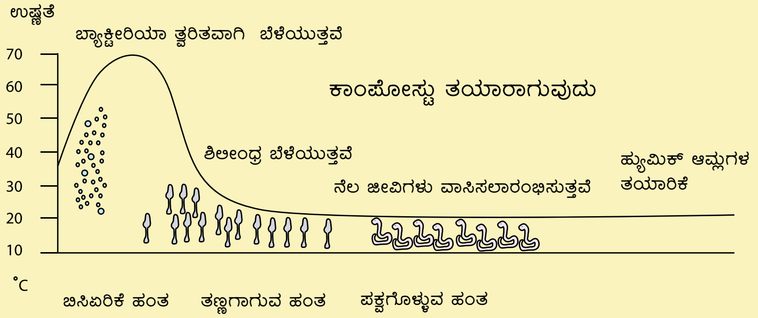
ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಉಗಮ

ಲೇಖಕಿ : ರಾಧಾ ಗೋಪಾಲನ್

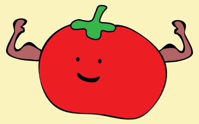
"ಈ ಪ್ರಪಂಚವು ಪೋಲು ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಯ ವಿಸರ್ಜಿತ ಮಲವನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕೊಚ್ಚಿಹೋಗಲು ಬಿಡದೆ ಮಣ್ಣಿಗೆ ಮತ್ತೆ ಸೇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಇಡೀ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಆಹಾರ ಒದಗಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಫಲವತ್ತತೆ ಒದಗುತ್ತದೆ."– *ಲೇ ಮಿಸರಬಲ್ಸ್, ವಿಕ್ಟರ್ ಹ್ಯೂಗೋ*

ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರು ಮಾಡುವುದು ಎಂದರೇನು?

ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರು ಮಾಡುವುದು ಎಂದರೆ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಸಗಣಿ, ಲದ್ದಿ ಇತ್ಯಾದಿಗಳನ್ನು, ತ್ಯಕ್ತ ಆಹಾರ ವಸ್ತುಗಳು, ಇತರ ಸಾವಯವ ವ್ಯರ್ಥ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಮಾನವ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣು ಜೀವಿಗಳು, ಕೀಟಗಳು ಹಾಗು ಹುಳುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ರೂಪಾಂತರಗೊಳಿಸುವುದು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉತ್ಪಾದಿತ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರವು ಸಸ್ಯ ಜೀವನಚಕ್ರವನ್ನು ಪೂರ್ಣಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಬದುಕಿದ್ದ ಸಸ್ಯರಾಶಿ ಸಾಯುತ್ತದೆ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಸ್ಯ ಸಂಪದವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಇತರೆ ಜೀವಿಗಳಿಂದ ಅದನ್ನು ವಿಘಟಿತಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.



ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಏಕೆ ತಯಾರು ಮಾಡಬೇಕು?

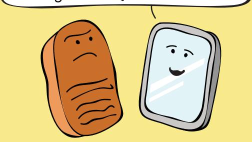


ಸುರಕ್ಷಿತ ಮತ್ತು ಆರೋಗ್ಯಕರ ಆಹಾರ ಬೆಳೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಫಲವತ್ತಾಗಿಸಲು ನಾವು ಕಾಂಪೋಸ್ಟು ಅಥವಾ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಸಲು ತೊಡಗಿದೆವು. ಹೀಗೆ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಉಗಮವು ಸುಮಾರು 10,000 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಆರಂಭಗೊಂಡ ವ್ಯವಸಾಯದ ಜೊತೆ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ 18ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ರಸಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ಆಗುವ ತನಕ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಹಾಕಿಯೇ ಫಲವತ್ತುಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳೆದ ಆಹಾರ ಪದಾರ್ಥವೆಲ್ಲ ಸಾವಯವ (ಆರ್ಗ್ಯಾನಿಕ್) ಆಗಿರುತ್ತಿದ್ದವು.

ಇಂದು ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರದ ತಯಾರಿಕೆಯ ಪ್ರಯೋಜನವು ಕೇವಲ ವ್ಯವಸಾಯಕ್ಕೆ ಸೀಮಿತವಾಗಿಲ್ಲ. ಕೊಳೆಯುವ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳನ್ನು ಆಹಾರವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಒಂದು ಬಲು ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಒದಗಿಸಿ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರದ ತಯಾರಿಕೆಯು ನಮ್ಮ ನಗರಗಳಿಗೆ ಕೊಳೆತು ನಾರುವ ತರಕಾರಿ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗುವ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

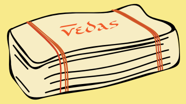
ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯ ಉಗಮದ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ಹೇಗೆ ಗೊತ್ತು?

ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ಬೇಸಾಯ ಭೂಮಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ಹಾಕುವುದು ವ್ಯವಸಾಯದ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಅಂಗಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಬಗೆಗಿನ ಜ್ಞಾನ ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಾಯಿಮಾತಿನಿಂದ ಒಬ್ಬರಿಂದ ಒಬ್ಬರಿಗೆ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ಕುರಿತ ದಾಖಲಿತ ಮಾಹಿತಿ ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಬಾರಿ ತಮ್ಮ ಅನುಭವ ಹಾಗು ಪದ್ಧತಿಗಳನ್ನು ಜನರು ನೆನಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೇಳಿದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರದ ತಯಾರಿಕೆ ನಡೆದುಬಂದ ದಾರಿಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಂಗ ಮಾಹಿತಿ ಮತ್ತು ವರದಿ ಮಾಡಲಾದ ಪುರಾತತ್ವ ದಾಖಲೆಗಳನ್ನು ಒಂದುಗೂಡಿಸಿ ಹೆಣೆಯಲಾಗಿದೆ.



ಕ್ರಿ.ಪೂ. 2320–ಕ್ರಿ.ಪೂ. 2120: ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ಕುರಿತ ಅತಿ ಪ್ರಾಚೀನ ಉಲ್ಲೇಖವು ಮೆಸಪೊಟೇಮಿಯಾ (ಆಧುನಿಕ ಇರಾಕ್) ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಆಳುತ್ತಿದ್ದ ಅಕ್ಕೇಡಿಯನ್ ರಾಜವಂಶದ ಆಳ್ವಿಕೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕೊರೆಯಲಾದ ಕೆಲವೊಂದು ಜೇಡಿಮಣ್ಣಿನ ಫಲಕ ದಲ್ಲಿ ಕಾಣಸಿಗುತ್ತದೆ.ಈ ಫಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸಂಪೂರ್ಣ ಮಾಹಿತಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿಲ್ಲ.

ಕ್ರಿ.ಪೂ. 3000– ಕ್ರಿ.ಪೂ. 2000: ಈಶಾನ್ಯ ಸಿರಿಯಾದ ಮೂರನೇ ಸಹಸ್ರಮಾನದ ಅತಿದೊಡ್ಡ ಪುರಾತತ್ವ ಕೇಂದ್ರವಾದ ಹಮೌಕರ್‌ನಲ್ಲಿ ದೊರೆತ ಪುರಾತತ್ವ ಸಾಕ್ಷ್ಯಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಾಣಿ ಲದ್ದಿಗಳು, ಹೊಲಸಾದ ಹಾಸುಗೆ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಮೇವು ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಧಾನ ಮನೆಯ ಹೊರಗಡೆ ನೆಲಗುಂಡಿ (ಸಂಪ್)ಯಂತಹ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಇದು ಅವರು ಮನೆಮಟ್ಟಿಗೆ ತಿಪ್ಪೆ ಅಥವಾ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಸುತ್ತಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿದೆ.



ಕ್ರಿ.ಪೂ. 1500–ಕ್ರಿ.ಪೂ. 400: ಪ್ರಾಚೀನ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಋಗ್ವೇದ ಮತ್ತು ಅಥರ್ವವೇದದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಫಲವತ್ತತೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಕೆಲವೊಂದು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಎಸೆಯುವ ಅಭ್ಯಾಸದ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಬಾರ್ಲಿಯ ಹುಲ್ಲಿನಿಂದ ಹಾಗು ಒಣಗಿದ ಎಳ್ಳಿನಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾದ ಗೊಬ್ಬರವು ಭೂಮಿಯ ಉತ್ಪಾದಕತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಎಷ್ಟು ಮೌಲ್ಯ ಭರಿತ ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಉಲ್ಲೇಖಗಳಿವೆ. ಅಥರ್ವವೇದವು ಒಣಗಿದ ಸಗಣಿಯನ್ನು ಗೊಬ್ಬರವಾಗಿ ಬಳಸುವ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳುತ್ತದೆ.

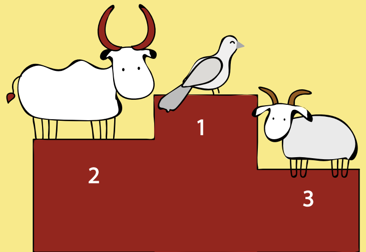
ಕ್ರಿ.ಪೂ. 1000–ಕ್ರಿ.ಪೂ. 1500 ಅಮೇರಿಕಾದ ಮೂಲ ನಿವಾಸಿಗಳು ತಿನ್ನದೇ ಉಳಿದ ಮೀನಿನ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಇತರೆ ಪ್ರಾಣಿ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬೀಜಗಳ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಪೋಷಕಾಂಶ ಮೂಲವಾಗಿ ಹೂಳುತ್ತಿದ್ದರು. ಗಿಡ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೀಜಗಳ ಮಣ್ಣಿನ ಉಂಡೆ ಬಳಸುವುದರಲ್ಲಿ ಮೊತ್ತ ಮೊದಲಿಗರಾಗಿದ್ದರು. ಬೀಜಗಳು ಮತ್ತು ಗೊಬ್ಬರ ಮಾಡಬಹುದಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎರೆಮಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಉಂಡೆ ಮಾಡಿ ಇಡುತ್ತಿದ್ದರು.ಭೂಮಿಗೆ ಎಸೆದಾಗ ಬೀಜಗಳು ಎರೆ ಮಣ್ಣಿನ ಉಂಡೆಯಲ್ಲಿ ಅದು ಬೀಜಕ್ಕೆ ತೇವ ಒದಗಿಸುತ್ತಿದ್ದುದರಿಂದ ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿಡುತ್ತವೆ.ಅವು ಮೊಳಕೆ ಒಡೆದು ಸಸಿಯಾಗಿ ಬೆಳೆವಾಗ ಗೊಬ್ಬರವು ಅದಕ್ಕೆ ಪೋಷಕಾಂಶ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಮೇರಿಕಾದ ಮೂಲ ನಿವಾಸಿಗಳ ಬೀಜಗಳ ಉಂಡೆ

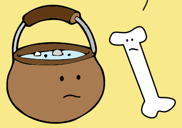
ಕ್ರಿ.ಪೂ.362: ಕ್ಸೆನೊಫೊನ್ ಬರೆದ ಇಕನಾಮಿಕಸ್, ಗೃಹ ವಿಜ್ಞಾನದ ಗ್ರಂಥವು ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಸುವುದನ್ನು ಕುರಿತ ಗ್ರೀಕರ ಪ್ರಾಚೀನ ದಾಖಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ಈ ಗ್ರಂಥದ ಅನುವಾದಗಳು ವ್ಯವಸಾಯದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಕಸ ಕಡ್ಡಿಗಳನ್ನು ಕೊಳೆಯಿಸಿ ಗೊಬ್ಬರ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು ಎಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ.

ಕ್ರಿ.ಪೂ. 350: ಗ್ರೀಕರು ಮತ್ತು ರೋಮನ್ನರು ಕೃಷಿ ಪಿತಾಮಹನೆಂದು ಶ್ಲಾಘಿಸುವ ಕಾರ್ತೇಜ್‌ನ ಬರಹಗಾರ ಮ್ಯಾಗೊ, 28 ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಕೃಷಿಯನ್ನು ಕುರಿತು ಬೃಹತ್ ಗ್ರಂಥವನ್ನು ಬರೆದಿದ್ದಾರೆ, ಇದು ಕಾರ್ಥೇಜ್ ಜನರ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ವಿಧಾನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಇದು ಮೂಲತಃ ಇತರ ರೋಮನ್ ಮತ್ತು ಗ್ರೀಕ್ ವಿದ್ವಾಂಸರ ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ~40 ಉದ್ಧೃತಗಳ ಮೂಲಕ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

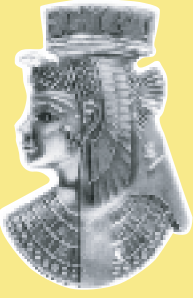
ಕ್ರಿ. ಪೂ.160: ನಿವೃತ್ತ ರೋಮನ್ ಜನರಲ್ ಮಾರ್ಕಸ್ ಪೋರ್ಸಿಯಸ್ ಕ್ಯಾಟೊ ತನ್ನ ಪುಸ್ತಕ **ಡಿ ಅಗ್ರಿ ಕಲ್ಚುರಾದಲ್ಲಿ** (ಹೊಲಗದ್ದೆ ಬೇಸಾಯದ ಬಗ್ಗೆ) ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಅವನ ಪ್ರಕಾರ, ಮೇಕೆ, ಕುರಿ, ದನಕರು ಮತ್ತು ಇತರ ಸಗಣಿ ಹಿಕ್ಕೆಗಳ ಜೊತೆ ಹುಲ್ಲು, ಸಿಪ್ಪೆ ಕಡ್ಡಿ ತೌಡು ಮುಂತಾದ ಕಸಗಳು, ಹುರುಳಿ ಕಡ್ಡಿಗಳು, ಹೊಟ್ಟು, ಓಕ್ ಎಲೆಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ ಸಸ್ಯದ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳನ್ನು ಬೆರೆಸಿ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಈ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಪ್ರಾಣಿಜನ್ಯ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ವಿಭಿನ್ನ ಶ್ರೇಣಿಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತಿದ್ದರು – ಆಡು, ಕುರಿ ಮತ್ತು ಎತ್ತುಗಳ ಸಗಣಿಗೆ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯ ನೀಡಿದ್ದಾನೆ, ಈ ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಶೇಖರಿಸಿಡಬೇಕು ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾ ಪಾರಿವಾಳದ ಹಿಕ್ಕೆಗಳು ಅತಿ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿದ್ದು ಹುಲ್ಲುಗಾವಲುಗಳು, ತೋಟಗಳು ಮತ್ತು ಸಾಗುವಳಿ ಜಮೀನುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಡಿ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಕಾಂಪೋಸ್ಟ್ ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ರಸ್ತೆ ಗುಡಿಸಿ ಬಂದ ಕಸ ಮತ್ತು ಇತರ ಸಾವಯವ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳು ಮಿಶ್ರ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಹುಳುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಮೊತ್ತ ಮೊದಲ ಗ್ರಂಥವಾಗಿದೆ.



ಕ್ರಿ.ಪೂ 100: ಉತ್ತರ ಚೀನಾದಲ್ಲಿ ನವಶಿಲಾಯುಗದ ಪುರಾತತ್ವ ಸ್ಥಳಗಳ ದಾಖಲೆಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ರಿ.ಪೂ. ಮೊದಲ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಚೀನೀ ವಿದ್ವಾಂಸ ಫ್ಯಾನ್ ಶೆಂಗ್–ಚಿಹ್ ಶು ಬರೆದ ಕೃಷಿ ಕೈಪಿಡಿ ಸೂಚಿಸುವ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಾಚೀನ ಚೀನೀಯರು ಮಣ್ಣು ಬೆಂದ, ಮೂಳೆಗಳು, ಚರ್ಮ, ಸಗಣಿ ಗೊಬ್ಬರ, ಬೆಂದ ರೇಷ್ಮೆಹುಳು ಮತ್ತು ಮಾನವ ತ್ಯಾಜ್ಯ ಸೇರಿದಂತೆ ಹಲವಾರು ಜೈವಿಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು!

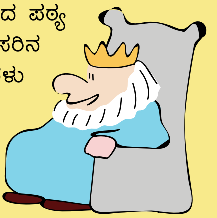


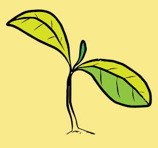
ಕ್ರಿ.ಶ. 77: ಪ್ಲಿನಿ ಬರೆದ ಮಧ್ಯಕಾಲೀನ ಪ್ರಪಂಚದ ನ್ಯಾಚುರಾಲಿಸ್ ಹಿಸ್ಟೋರಿಯಾ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿನ ವಿಷಯ ತಜ್ಞರು ಒದಗಿಸಿದ ಗೊಬ್ಬರಗಳ ಮತ್ತು ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಗಳ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಡೀಕರಿಸಿದ್ದಾನೆ.



ಕ್ರಿಪೂ 50: ಕ್ಲಿಯೋಪಾತ್ರಳು ಹುಳುಗಳ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ ನಂತರ ಹುಳುಗಳನ್ನು ಪವಿತ್ರ ಜೀವಿಗಳೆಂದು ಘೋಷಿಸಿದಳು ಮತ್ತು ಈಜಿಪ್ಟ್‌ನಿಂದ ಎರೆ ಹುಳುಗಳನ್ನು ಹೊರಗೊಯ್ಯುವುದನ್ನು ಕಂಡರೆ ಮರಣ ದಂಡನೆ ವಿಧಿಸುವುದಾಗಿ ಕಾನೂನುಗಳನ್ನು ಜಾರಿಗೊಳಿಸಿದಳು.

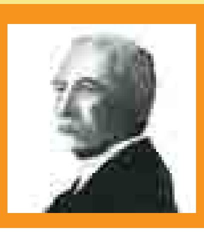
ಕ್ರಿ.ಶ. 450–ಕ್ರಿ.ಶ. 510: ಪಲ್ಲಾಡಿಯಸ್‌ನ ನಾಲ್ಕನೇ–ಶತಮಾನದ ಪಠ್ಯ **ಡಿ ರೆ ರಸ್ಟಿಕಾ** ಮತ್ತು ಹತ್ತನೇ ಶತಮಾನದ **ಜಿಯೋಪೋನಿಕಾ** ಹೆಸರಿನ ಬೇಸಾಯ ಸಲಹೆಗಳ ಬೈಜಾಂಟೈನ್ ಸಂಕಲನಗಳು ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಪಾಶ್ಚಿಮಾತ್ಯರ ಭೂಮಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ಹಾಕುವ ಪದ್ಧತಿಗಳಿಗೆ ಅಡಿಪಾಯವನ್ನು ಹಾಕಿದವು.





ಕ್ರಿ.ಶ. 200–1200 : ಭಾರತದಲ್ಲಿ, ತಮಿಳು ಜನರು ನಿರಂತರ ಕೃಷಿಗಾಗಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಉಳುಮೆ, ಗೊಬ್ಬರಹೂಡಿಕೆ, ಕಳೆ ಕೀಳುವುದು, ನೀರಾವರಿ ಮತ್ತು ಬೆಳೆ ಸಂರಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಾ ಬಂದಿರುತ್ತಾರೆ.

ಸಿಂಧೂ ಕಣಿವೆ ನಿರ್ಮಿತಿಗಳ ಪುರಾತತ್ತ್ವ ಪುರಾವೆಗಳು ಮತ್ತು ಐಸೊಟೋಪಿಕ್ ಸಾರಜನಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗಳು, ಸಿಂಧೂ ಕಣಿವೆ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ನಡೆಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ದನಕರು ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಕೊಟ್ಟಿಗೆಯ ಹುಲ್ಲು ಕಸಗಳು ಸಗಣಿ ಮತ್ತು ಗಂಜಲಗಳನ್ನು ಸಾಗುವಳಿ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಮಣ್ಣಿನ ಫಲವತ್ತತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಹೂಳಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು .



ಆಧುನಿಕ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಮೂಲಾಧಾರ

ಅತ್ಯಂತ ಆಧುನಿಕ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ವಿಧಾನಗಳು ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಕೃಷಿಕ ಸರ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಹೊವಾರ್ಡ್ ಅವರು 1905 ರಲ್ಲಿ (ಮತ್ತು ಆ ತರುವಾಯ) ಭಾರತದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿದ್ದಾಗ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಇಂಡೋರ್ ವಿಧಾನವನ್ನು ಆಧರಿಸಿವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ಫೂರ್ತಿ ಹೋವರ್ಡ್ ಹೇಳಿರುವ ಈ ಮಾತುಗಳು "ಹೇಗೆ ಅರಣ್ಯವು ಸ್ವತಃ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆಯೋ. ಇದು ತನ್ನದೇ ಆದ ಮೆಕ್ಕಲು ಮಣ್ಣನ್ನುರೂಪಿಸಿ ತನಗೆ ಖನಿಜಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆಯೋ ಹಾಗೆಯೇ," ಪೌರ್ವಾತ್ಯ ಬೆಳೆಗಾರರಾದ ಭಾರತ ಮತ್ತು ಚೀನಾದಲ್ಲಿನ ರೈತರು ಪುರಾತನ ಅರಣ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ತಮ್ಮ ಮಣ್ಣುಗಳನ್ನು ಫಲವತ್ತಾಗಿಸಿದ್ದಾರೆ."

ಹೊವಾರ್ಡ್ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರು. 1930ರ ದಶಕದ ಉತ್ತರಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು 1940ರ ದಶಕದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ, ಹಲವಾರು ಆಫ್ರಿಕನ್ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ, ಯುನೈಟೆಡ್ ಕಿಂಗ್ಡಮ್ ಮತ್ತು ಅಮೇರಿಕಾ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಯಿತು. ಇಂದು, ಕೃಷಿ ಕೈಗಾರಿಕಾ ವಿಧಾನದ ಪ್ರಾಬಲ್ಯದ ಇದ್ದರೂ, ಇಂಡೋರ್ ವಿಧಾನ ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತದ ಕೊಟ್ಟಿಗೆ ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆ ವಿಧಾನಗಳ ಆಧಾರವಾಗಿದೆ.

Poster Design: Vidya Kamalesh

ಐ ವಂಡರ್...
ಶಾಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮರುಶೋಧನೆ

ರಾಧಾ ಗೋಪಾಲನ್ ಐಐಟಿ ಮುಂಬೈಯಿಂದ ಪಿಎಚ್. ಡಿ. ಪದವಿ ಹೊಂದಿರುವ ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನಿ. ಪರಿಸರ ಕುರಿತ ಸಲಹಾ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ 18 ವರ್ಷದ ವೃತ್ತಿಜೀವನದ ನಂತರ, ರಿಷಿ ವ್ಯಾಲಿ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ರಾಧಾ ಅವರು ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೋಧಿಸಿದರು. ಅವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್ ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಸ್ಕೂಲ್ ಆಫ್ ಡೆವಲಪ್ಮೆಂಟ್‌ನ ಅತಿಥಿ ಬೋಧಕರಾಗಿದ್ದಾರೆ ಮತ್ತು ಭಾರತದ ಫುಡ್ ಸಾವರ್ನಿಟಿ ಅಲಯನ್ಸ್ ನ ಸದಸ್ಯರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಅನುವಾದ ಮತ್ತು ಪರಿಶೀಲನೆ: ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

Azim Premji University

ಚಿತ್ರ 6. ಗೊಬ್ಬರದ ಬಳಕೆ. (ಅ) ಶಾಲೆಯ ಸಸ್ಯೋದ್ಯಾನದಲ್ಲಿ ಗೊಬ್ಬರದ ಬಳಕೆ. (ಬ) ಆಹಾರ ತ್ಯಾಜ್ಯದ ಗೊಬ್ಬರವನ್ನುಂಡು ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಹಣ್ಣಿನ ಗಿಡ.

Credits: Pawar Public School, Bhandup. License: CC-BY-NC.

ಕೆಲಸಗಾರರ ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಣೆಯ ವೆಚ್ಚವು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಯೋಜನೆಯು ಒಮ್ಮೆ ಪ್ರಾರಂಭವಾದರೆ ಮುಂದುವರೆಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದು ಬಲು ಸುಲಭ. ಈ ಸ್ವ–ಸುಸ್ಥಿರ ಮಾದರಿಯು ಇತರೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮ, ಪರಿಸರ–ಸಂಬಂಧೀ ಯೋಜನೆಗಳ ಅನುಷ್ಠಾನಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಗತ್ಯವಾದ ಆತ್ಮಸ್ಥೈರ್ಯವನ್ನು ನಮಗೆ ದೊರಕಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ಗೊಬ್ಬರ ತಯಾರಿಕೆಯೆನ್ನುವುದು ಕಲೆಯೂ ಹೌದು, ವಿಜ್ಞಾನವೂ ಹೌದು. ಸಾವಯವ ತ್ಯಾಜ್ಯಗಳನ್ನು ಗೊಬ್ಬರವನ್ನಾಗಿಸುವ ಚಟುವಟಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ತೊಡಗಿಸುವುದರಿಂದ ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಪರಿಸರ ಪ್ರಜ್ಞೆಯುಳ್ಳ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯುತ ನಾಗರಿಕರನ್ನಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಹತ್ತರ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ನಾವು ಬದುಕುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಪಂಚದ ಇಂದಿನ ದಿನಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು 'ಬೇಡಪ್ಪ ಬೇಡವೇ ಬೇಡ' ಎನ್ನುವುದರ ಬದಲು 'ನನ್ನ ಹಿತ್ತಲಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂಪೋಸ್ಟು'ಇರಲಿ! ಎನ್ನುವಂತಾಗಬೇಕು.

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Still life on composter, allispossible.org.uk. URL: https://www.flickr.com/photos/wheatfields/2257331369. License: CC-BY.

References

1. Rajendra Kumar Kaushal et al. Municipal Solid Waste Management in India – Current State and Future Challenges: A Review. International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), 2012: 1473-1479. URL: https://www.researchgate.net/publication/233894305_Municipal_Solid_Waste_Management_in_India-Current_State_and_Future_Challenges_A_Review.

2. Paige L, Ian Somerhalder Foundation. Environment fight clubs: Incinerators vs. Landfills (Round 2). URL: http://www.isfoundation.com/ campaign/environment-fight-club-incinerators-vs-landfills-round-2.

3. Smith, MA, Friend, D and Johnson, H. Composting for the Homeowner. The University of Illinois Extension. URL: https://web.extension.illinois.edu/homecompost/history.cfm.

4. Living Green, University of Florida. Composting. URL: http://livinggreen. ifas.ufl.edu/waste/composting.html.

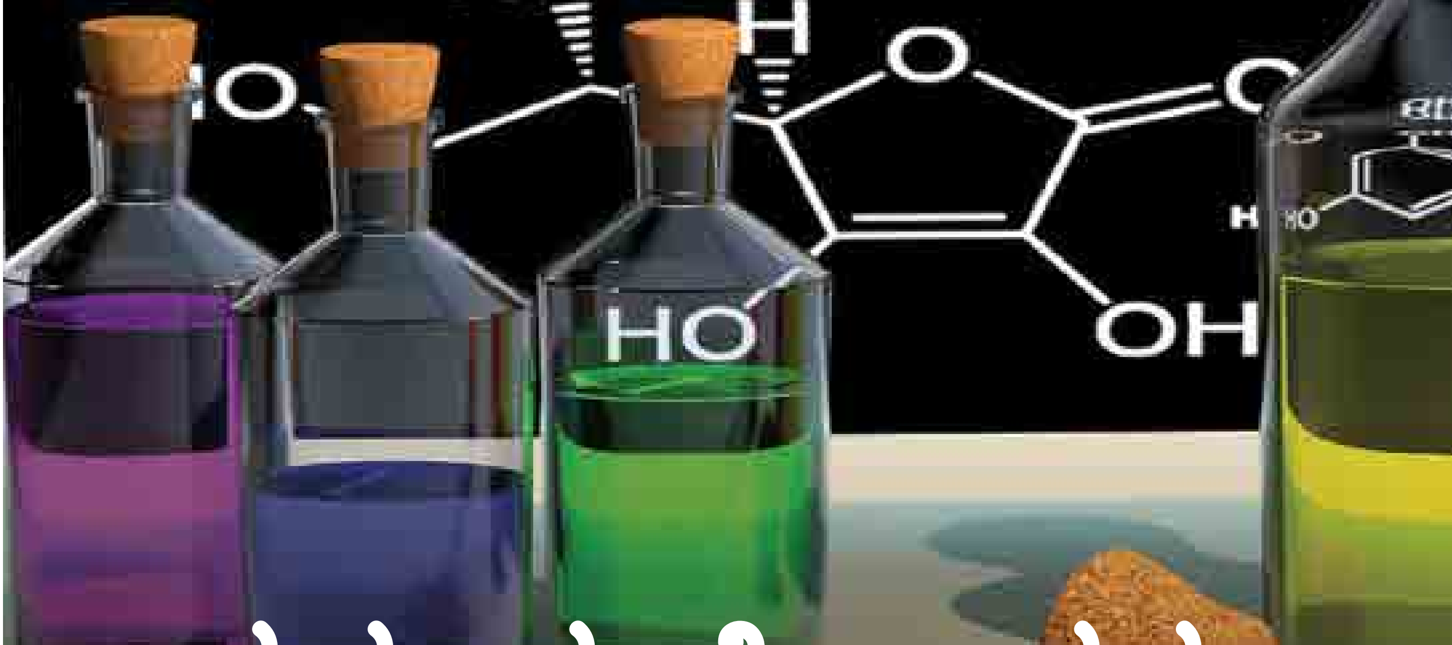
5. South London Waste Partnership. Why it's important to recycle and compost? URL: http://www.slwp.org.uk/what-we-do/recycling-composting/why-it-is-important-to-recycle-and-compost/.

6. Eco Friendly Kids. A Kid's Guide to Composting. URL: http://www.ecofriendlykids.co.uk/composting.html.

7. National Bank for Agriculture and Rural Development. Model scheme for vermin-composting units under agri-clinics. URL: https://www.nabard.org/pdf/VermicompostProductionUnit260814.pdf.

ರಸಾಯನವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗದ ಮುಖ್ಯಸ್ಥರಾಗಿರುವ **ರಾಧಿಕಾ ಪದ್ಮನಾಭನ್** ಪವಾರ್ ಪಬ್ಲಿಕ್ ಶಾಲೆ, ಭಂಡುಪ್ (ಮಹಾರಾಷ್ಟ್ರದ ಮುಂಬೈಯಲ್ಲಿರುವ ಐಸಿಎಸ್ಇ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಸ್ಥೆ)ನ ಪರಿಸರ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯನ್ನೂ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ರಾಧಿಕಾ ಅವರು, ಎರಡು ಬಾರಿ (2014 ಮತ್ತು 2015ರಲ್ಲಿ) ಟಾಟಾ ಪವರ್‌ನ ಕ್ಲಬ್ ಎನರ್ಜಿ ಪ್ರೋಗ್ರಾಮ್‌ನ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ತಮ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕಿ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಇವರ ಇ–ಮೇಲ್ ವಿಳಾಸ: padmanabhanradhika@gmail.com.

ಅನುವಾದಕರು: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಸ್ಮಿತಾ



ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ:

ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸಕ್ಕೆ ಒಂದು ಬೆಳಕಿಂಡಿ

ಸವಿತಾ ಲಡಗೆ ಮತ್ತು ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ

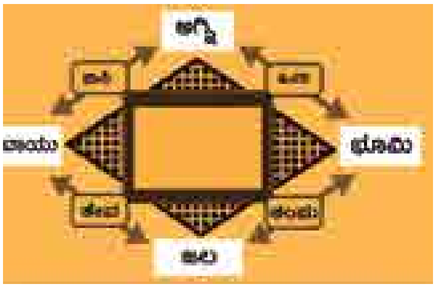
ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಕಲಿಕೆಯ ಪ್ರಧಾನ ಭಾಗ. ಇದು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ಫೂರ್ತಿದಾಯಕ ಇತಿಹಾಸ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸವನ್ನು ಶೋಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಬಿಂಬಿಸುವ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಈ ಲೇಖನವು ಐತಿಹಾಸಿಕ ಪಯಣವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತಿದೆ.

ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ (ಪೀರಿಯಾಡಿಕ್ ಟೇಬಲ್) ಇಂದು ನಾವು ಕಲಿಯುತ್ತಿರುವ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಅಂಗ. ಆದರೆ, ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದರು ಎಂದು ನೀವು ಎಂದಾದರೂ ಯೋಚಿಸಿದ್ದೀರಾ? ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಸುಧಾರಿತ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ತಂತ್ರಗಳು, ಸಾಧನಗಳು, ಲಭ್ಯವಿರುವ ಮಾಹಿತಿಗಳ ಅನುಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವು ಇಂದಿನ ರೂಪವನ್ನು ಹೇಗೆ ತಾಳಿತು? ಮಾನವನ ತಣಿಯದ ಜ್ಞಾನದಾಹ, ತರ್ಕಬದ್ಧ ವಿಧಾನ ಹಾಗೂ ಮುಂದಾಲೋಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ಅಡಗಿದೆ. ಇಂದು ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ ಸ್ಪಷ್ಟ ಹಾಗೂ ಸಂಘಟಿತವಾಗಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದರೂ ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಷಯವಾಗಿ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿದ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಹಾದಿಯ ಪ್ರತಿರೂಪವಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆ, ಅದರ ಇತಿಹಾಸವನ್ನು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗಲ್ಲದೆ ಅಧ್ಯಾಪಕರಿಗೂ ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯವಾಗಿದೆ.

ನೈಸರ್ಗಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಆರಂಭಿಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಜಗತ್ತು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳಿಂದಾಗಿದೆ ಎನ್ನುವ ನಂಬಿಕೆ ಪುರಾತನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಇದೆ. ಈ ನಂಬಿಕೆಯೇ ಇಂತಹ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳ ಹುಡುಕಾಟದಲ್ಲಿ ವಿಭಿನ್ನ ನಾಗರಿಕತೆಗಳ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಎಡೆಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಇಂತಹ ಒಂದು ಪ್ರಯತ್ನದಿಂದ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು – ಜಲ, ವಾಯು, ಅಗ್ನಿ ಮತ್ತು ಭೂಮಿ – ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ತಾನು ಸ್ವರ್ಗಮೂಲವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ 'ಈಥರ್' ಎಂಬ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವನ್ನು ಅರಿಸ್ಟಾಟಲ್ ಈ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದನು. ಇಂತಹ ಪರಿಮಿತ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಥಮಿಕ, ಆದರೆ ಸರ್ವಸಮ್ಮತ ಕೋಷ್ಟಕದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲಾಯಿತು. ಮೂಲಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣದ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಲ್ಲಿ ಇದೂ ಒಂದು. ಆ ಕಾಲದಲ್ಲೂ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಈ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು (**ಚಿತ್ರ 1** ನೋಡಿ) ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದರು! ಹಲವು ಶತಮಾನಗಳ ಕಾಲ ಈ ಸರಳ, ತರ್ಕಬದ್ಧ ವರ್ಗೀಕರಣವು ಮುಂದುವರೆಯಿತು. ಆದರೂ, ಆಧುನಿಕ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪೂರ್ವಜರೆನ್ನಲಾದ ರಸವಿದ್ಯಾತಜ್ಞರ (ಅಲ್ಕೆಮಿಸ್ಟ್) ಕೆಲಸದಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಗೊಂಡು, ನಂತರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯ ಫಲವಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹ ಬದಲಾವಣೆ ಕಾಣತೊಡಗಿತು.



ಚಿತ್ರ 1. ನೈಸರ್ಗಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಕೋಷ್ಟಕ. ಅರಿಸ್ಟಾಟಲನ ಈ ಪುರಾತನ ಕಾಲದ ಆರಂಭಿಕ ಪ್ರಯತ್ನವು ಆಧುನಿಕ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಸರಳ ಮುನ್ನುಡಿಯಾಗಿರಬಹುದು, ಆದರೆ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅದು ಬಹಳಷ್ಟು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಅಗ್ನಿಯ ಉಪಸ್ಥಿತಿ/ಅನುಪಸ್ಥಿತಿಯು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಬಿಸಿ ಮತ್ತು ತಂಪು ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವಲ್ಲಿ ನೆರವಾಯಿತು. ನೀರಿಲ್ಲದಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯು ಘನ ಸ್ಥಿತಿ ಎಂದಾಯಿತು. ಕಟ್ಟಿಗೆ ಉರಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಶಾಖದ ಅನುಭವ ಮತ್ತು ಬೂದಿಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಕಟ್ಟಿಗೆಯು ಮಣ್ಣು ಮತ್ತು ಅಗ್ನಿಯಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ನಂಬಲಾಗಿತ್ತು.
ಕೃಪೆ: ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ. ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NC

ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಎಂದರೇನು?

ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಆರಂಭವಾದದ್ದು ಇತಿಹಾಸಪೂರ್ವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅರಣ್ಯ ಕಾಳ್ಗಿಚ್ಚಿಗೆ ಆಹುತಿಯಾಗಿ ಉಳಿದ ಇದ್ದಿಲು (ಇಂಗಾಲ) ಮಾನವನ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗಲೇ ಎನ್ನಬಹುದು. ಚಿನ್ನ, ಬೆಳ್ಳಿ, ತಾಮ್ರ, ಸೀಸ, ಕಬ್ಬಿಣ, ತವರ ಹಾಗೂ ಪಾದರಸ – ಈ ಏಳು ಲೋಹಗಳು – ಮತ್ತು ಅಲೋಹವಾದ ಗಂಧಕದ (ಇಂಗಾಲವನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ) ಬಗ್ಗೆ ಮಾನವನಿಗೆ ಪುರಾತನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಅರಿವಿತ್ತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ಮೂಲಧಾತುಗಳು ನೈಸರ್ಗಿಕವಾಗಿ, ಅವುಗಳ ಸ್ವತಂತ್ರ (ಧಾತು) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲವೇ ಸಲ್ಫೈಡ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅದಿರಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಲಭಿಸುತ್ತಿದ್ದುದು, ಹಾಗೂ ಇವುಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಥವಾ ಇದ್ದಿಲಿನಿಂದ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿಘಟಿಸುತ್ತಿದ್ದುದು ಅವರ ಈ ಅರಿವಿಗೆ ಕಾರಣವಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಒಮ್ಮೆ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾದ ನಂತರ ಮಾನವರಿಗೆ ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗ ಅಥವಾ ಮಹತ್ವದ ಅರಿವಾಗಿ ಇನ್ನಷ್ಟು ಹುಡುಕಾಟಕ್ಕೆ ದಾರಿಯಾಗಿರಬಹುದು. ಆದರೂ, ಅವುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಕುರಿತಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಮೂಲಧಾತುಗಳಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವ ಬಗ್ಗೆಯಾಗಲೀ ಯಾವುದೇ ದಾಖಲೆಗಳಿಲ್ಲ.

ಈ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಚಿನ್ನದ ಇತಿಹಾಸವು ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣವಾದುದು. ಅದರ ಆಕರ್ಷಕ ಹೊಳಪಿನಿಂದಾಗಿ, ಚಿನ್ನವು (ಬೆಳ್ಳಿಯೊಂದಿಗೆ) ಐಶ್ವರ್ಯ/ಆಭರಣಗಳಾಗಿ ಮತ್ತು ಸೌಂದರ್ಯದ ಸಂಕೇತವಾಯಿತು. ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಹಿವಾಟಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ವಿನಿಮಯ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಚಿನ್ನವು ಗಣನೀಯ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿತು. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಹಲವು ರಸವಿದ್ಯಾತಜ್ಞರು ಕಬ್ಬಿಣ ಇತರ ಮೂಲ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಚಿನ್ನಕ್ಕೆ ರೂಪಾಂತರಗೊಳಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ಮೂಲಕ 'ಸ್ಪರ್ಶಮಣಿ'ಗೆ (ಫಿಲಾಸಫರ್ಸ್ ಸ್ಟೋನ್) ಹುಡುಕಾಟ ಆರಂಭಿಸಿದರು. ಮಧ್ಯಯುಗದ ಈ ರಸವಿದ್ಯಾತಜ್ಞರ ನಿರಂತರ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಆ್ಯಂಟಿಮನಿ, ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಹಾಗೂ ಬಿಸ್ಮತ್ ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ಹಲವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟವು. ಜೊತೆಗೆ ಇವು ಹಲವು ಬಗೆಯ ಗಾಜಿನ ಸಾಮಗ್ರಿ ಮತ್ತು ಮೂರು ಪ್ರಮುಖ ಆಮ್ಲಗಳಾದ ಗಂಧಕಾಮ್ಲ, ಹೈಡ್ರೋಕ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲ ಹಾಗೂ ನೈಟ್ರಿಕ್ ಆಮ್ಲಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೂ ಕಾರಣವಾದವು. ಇವೆಲ್ಲವೂ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದವು.

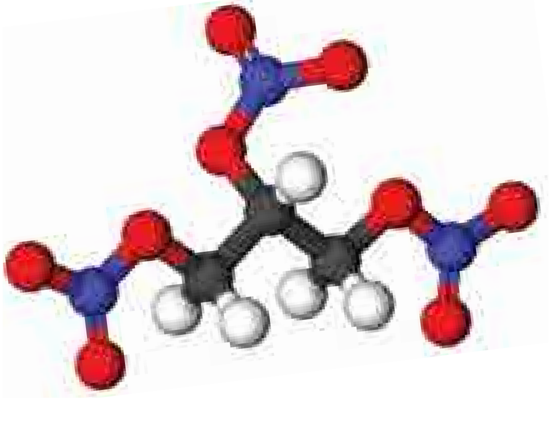
ಆದಾಗ್ಯೂ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಖಚಿತ ದಾಖಲೆಯು 1669ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಫಾಸ್ಫೇಟುಗಳ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಮೂಲವಾದ ಮೂತ್ರದಿಂದ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿರುವ ಮೂಲಧಾತುವಾದ ರಂಜಕವನ್ನು ಈ ದಾಖಲೆ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇನ್ನಷ್ಟು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ನಡೆದಿರಬಹುದಾದರೂ ಅದನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟಕರ. ಅಂದಿನ ರಸವಿದ್ಯಾತಜ್ಞರು ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದರ ಮೇಲೆಯೇ ಹೆಚ್ಚು ಅವಲಂಬಿತರಾಗಿದ್ದರು. ಜೊತೆಗೆ, ಲಭಿಸಬಹುದಾದ ಆರ್ಥಿಕ ಲಾಭಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ತಮಗೆ ಕಂಡುಬಂದದ್ದನ್ನು ಅವರು ಗೋಪ್ಯವಾಗಿರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದುದೇ ಹೆಚ್ಚು. ಅಂದರೆ, ಜ್ಞಾನವು ವೈಯಕ್ತಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲೇ ಸೀಮಿತಗೊಂಡು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಪ್ರಗತಿ ಹೊಂದದೇ ಉಳಿಯಿತು.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ವಿನೂತನ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ

ಹದಿನೇಳನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬಾಯ್ಲ್ ನಡೆಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಕುರಿತಾದ ಆಲೋಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಗಣನೀಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದವು. ಬಾಯ್ಲ್ ಪ್ರಕಾರ ಇನ್ನಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ, ಆದರೆ ಇತರ ಧಾತುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜನೆಗೊಂಡು ಮಿಶ್ರಣವಾಗುವ (ಇಂದಿನ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತು) ವಸ್ತುವೇ ಮೂಲಧಾತು. ಹದಿನೆಂಟನೆಯ ಶತಮಾನದ ಹೆನ್ರಿ ಕ್ಯಾವೆಂಡಿಶ್, ಜೋಸೆಫ್ ಪ್ರೀಸ್ಟ್ಲೀ ಹಾಗೂ ಆಂಟನಿ ಲೆವಾಸಿಯೇ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿದ ವಿಸ್ತೃತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದವು.

ದಹನಕ್ರಿಯೆಗೆ ಪೂರಕವಾಗುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿ ಪ್ರೀಸ್ಟ್ಲೀ ಅದಕ್ಕೆ 'ಆಕ್ಸಿಜನ್' (ಆಮ್ಲಜನಕ) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿದನು ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲೇ ಕ್ಯಾವೆಂಡಿಶ್ ಒಂದು ದಹನಶೀಲ ಅನಿಲ (ಆಮ್ಲ ಹಾಗೂ ಲೋಹದ ನಡುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾದುದು) ವನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ 'ಹೈಡ್ರೋಜನ್' (ಜಲಜನಕ) ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದನು. ಇವೆರಡನ್ನೂ ಬಳಸಿ ಲವೋಸಿಯೆ (Lavoisier) ಮಾಡಿದ ನೀರಿನ ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯು ಅರಿಸ್ಟಾಟಲ್‌ನ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಬಲವಾದ ಪೆಟ್ಟನ್ನು ನೀಡಿತು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯು ಸಂರಕ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಲವೋಸಿಯೇ ನಿರೂಪಿಸಿದನಲ್ಲದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಬರೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ತಳಹದಿಯನ್ನೂ ಒದಗಿಸಿದನು.

ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದ ಒಂದು ಸಂಶೋಧನೆಯೆಂದರೆ 1800ರಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವೋಲ್ಟಾನ ಕೋಶ. ವೋಲ್ಟಾನ



ಕೋಶವು ಒಂದು ನಿರಂತರ ಪೂರೈಕೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲವನ್ನು ಒದಗಿಸಿತು ಹಾಗೂ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ವಿಘಟನೆಗೆ ಒಂದು ಅಪೂರ್ವವಾದ ದಾರಿಯನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಸರ್ ಹಂಫ್ರಿ ಡೆವಿಯು ಅತ್ಯಂತ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾದ ಸೋಡಿಯಂ ಹಾಗೂ ಪೊಟ್ಯಾಸಿಯಂ (ರಂಜಕ) ಅನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಇದನ್ನು 1807ರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಬಳಸಿದನಲ್ಲದೆ ತದನಂತರ ಇತರ ಕ್ಷಾರೀಯ ಮೃದ್ಲೋಹ (ಆಲ್ಕಲೈನ್ ಅರ್ತ್ ಮೆಟಲ್ಸ್) ಅನಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ, ಮೆಗ್ನೀಸಿಯಮ್, ಮತ್ತು ಬೇರಿಯಂ ಅನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದನು. ಪೊಟ್ಯಾಸಿಯಮ್‌ನ ಅಪಕರ್ಷಣೆಯ (ರೆಡ್ಯೂಸಿಂಗ್) ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಜಾನ್ಸ್ ಜೇಕಬ್ ಬರ್ಝೀಲಿಯಸ್ ಅವರಿಗೆ ಸೆಲೇನಿಯಂ, ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮತ್ತು ಜರ್ಕೋನಿಯಂ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ನೆರವಾಯಿತು.

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು?

ಅಸಾಧಾರಣವೆಂಬಂತೆ, ಈ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸೂತ್ರಗಳು ಅರಿವಿಗೆ ಬಂದಿರಲಿಲ್ಲ, ಅಲ್ಲದೆ, ವೇಲೆನ್ಸಿಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೂ, ರಾಶಿಯ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವದ ನಿಯಮ–ಲಾ ಆಫ್ ಕನ್ಸರ್ವೇಶನ್ ಆಫ್ ಮಾಸ್ (ಲೆವಾಸಿಯರ್), ಹಾಗೂ ಸ್ಥಿರ ಸಮರೂಪತೆಯ ನಿಯಮ –ಲಾ ಆಫ್ ಕಾನ್ಸ್ಟೆಂಟ್ ಪ್ರೊಪೋರ್ಷನ್(ಪ್ರಾಸ್ಟ್) – ಇವೆರಡೂ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದಿದ್ದವು. ಪ್ರಾಸ್ಟನ ಸ್ಥಿರ ಸಮರೂಪತೆಯ ನಿಯಮವು ಹೇಳುವಂತೆ ಅದರ ಮೂಲವು ಯಾವುದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಒಂದು ನಿಖರವಾದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನೀರು) ಎಲ್ಲೆಡೆಯಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ಆದ ಮೂಲಧಾತು (ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ)ಗಳಿಂದ, ಸ್ಥಿರ ರಾಶಿ ಅನುಪಾತದಿಂದ ಕೂಡಿ (1:8) ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕವನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಹಾಗೂ ನೀರಿನ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ಸೂತ್ರವನ್ನು HO ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಡಾಲ್ಟನ್ನನು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ರಾಶಿಯು 8 ಎನ್ನುವ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ಬಂದನು.

ಗೇ–ಲೂಸಾಕ್‌ನು ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದನು ಹಾಗೂ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಲು ಪರಮಾಣುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳು ಆಗಿರಬೇಕಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಿದನು. ಗೇ–ಲೂಸಾಕ್‌ನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿಭಜನೆ ಅಸಾಧ್ಯ ಎನ್ನುವ ಡಾಲ್ಟನ್ನನ ತರ್ಕಕ್ಕೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾಗಿತ್ತು. ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಅವೊಗಾಡ್ರೋ ಎನ್ನುವ ವಿಜ್ಞಾನಿ 'ಅಣು'ವಿನ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯೊಂದಿಗೆ ಈ ಅಸಂಗತತೆಗೆ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ನೀಡಿದನು.

ಪತ್ತೆಯಾದ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಳವಾಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಅದರ ಜೊತೆಜೊತೆಗೆ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಕುರಿತಾದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಕಾಸವಾಗುತ್ತಾ ಬಂತು. ಇವೆರಡೂ ಅಂಶಗಳು ಮುಂದೆ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಹೆಜ್ಜೆಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದವು. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಜಾನ್ ಡಾಲ್ಟನ್ನನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಪರಮಾಣು ತತ್ತ್ವವು ಈ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ. ಮೂಲಧಾತುಗಳು ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಂತಹ ಕಣಗಳಾದ 'ಪರಮಾಣು'ಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಡಾಲ್ಟನ್ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದನು. ಒಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿ, ಗಾತ್ರ ಹಾಗೂ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಏಕರೀತಿಯದಾಗಿರುತ್ತವೆ– ಎನ್ನುವ ಆತನ ಆಲೋಚನೆಯು ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಮೇಲೆ ಗಮನವನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿತು. ಡಾಲ್ಟನ್ನಿನ ಅನುಸಾರ, ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ನಿಖರವಾದ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಅದರ ಗುರುತು ಎಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ಆಲೋಚನೆಯು ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ದಾರಿ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು: ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ? ತಿಳಿದಿರುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ಈ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಮುಂದಾಲೋಚನೆಯನ್ನು ಅವನು ಹೊಂದಿದ್ದನು (ಅಂದರೆ, ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಗಳನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಮೂಲಧಾತುವಾಗಿ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದು).

1800 ಮತ್ತು 1860 ರ ಅವಧಿಯ ನಡುವೆ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಹಾಗೂ ಅದರ ನಿರ್ಣಯವನ್ನು ಗೇ ಲೂಸಾಕ್, ಅಮೆಡಿಯೋ ಅವೊಗಾಡ್ರೋ, ಬೆರ್ಝೀಲಿಯಸ್, ಜೀನ್ ಸ್ಟಾಸ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟನಿಸ್ಲಾವೋ ಕನಿಜ಼ಾರೋ ಇವರುಗಳು ಮತ್ತಷ್ಟು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಿದರು. ಬೆರ್ಝೀಲಿಯಸ್ ಆಧಾರ ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ಜಲಜನಕದಿಂದ ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕೆ ಬದಲಿಸಿದನು. ತನ್ಮೂಲಕ ಸುಲಭದಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಆಕ್ಸೈಡುಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ವಿಶಾಲಗೊಳಿಸಿದನು. ಈ ರೀತಿಯ ಒಂದು ಆಧಾರ ಧಾತುವನ್ನು ಬಳಸಿ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯು ಇಂದಿಗೂ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದೆ– ಆದರೆ ಇಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತಿರುವ ಆಧಾರ ಧಾತುವೆಂದರೆ ಇಂಗಾಲದ ಸಮಸ್ಥಾನಿ (ಐಸೋಟೋಪ್)– 12C. ಹೀಗೆ, ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಸುಮಾರು 60 ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾಗಿತ್ತು; ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿಯಾಗಿತ್ತು. ಆದರೂ, ಈ ಜ್ಞಾನವು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮುದಾಯದೊಳಗೆ ಇನ್ನೂ ಅರಿವಿಗೆ ಬಂದಿರಲಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಎಲ್ಲರ ಕೈಗೆಟಕುವಂತಿರಲಿಲ್ಲ. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ವೇಲೆನ್ಸ್, ಅಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳು, ಸಮಾನದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಅಸ್ಪಷ್ಟತೆಗಳು ಮುಂದುವರೆದಿದ್ದವು.

ಈ ಅಸ್ಪಷ್ಟತೆಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸುವ ಸಲುವಾಗಿ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂದೆಡೆ ಸೇರುವ ಅಗತ್ಯದ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ 1860ರಲ್ಲಿ

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಆಲೋಚನೆಯ ಬೆಳವಣಿಗೆ

ಪರಮಾಣು ತೂಕವನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಆಲೋಚನೆಗಳ ಹುಟ್ಟು ಹಾಗೂ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಒಂದು ಕೌತುಕಮಯ ಕಥೆಯಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಐ ವಂಡರ್‌ನ ಮೊದಲ ಸಂಚಿಕೆ (ಜುಲೈ 2018) ಕನ್ನಡ ಆವೃತ್ತಿ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಕಥೆ (ಪುಟ. 114.) ಯಲ್ಲಿ ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಓದುವುದಕ್ಕೆ ನಾವು ಶಿಫಾರಸು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ!

ಜರ್ಮನಿಯ ಕಾರ್ಲ್‌ಸ್ರೂಹ್ ಎಂಬಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಅಧಿವೇಶನವು ನಡೆಯಿತು. ಕನಿಝಾರೋವಿನ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಅವಗಾಡ್ರೋನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಆತ ಮಾಡಿದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳನ್ನು ಅಧಿವೇಶನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ಈ ಅಧಿವೇಶನದ ಮೈಲಿಗಲ್ಲು ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದ ಜ್ಞಾನದ ಮೇಲೆ ಗಂಭೀರ ಚಿಂತನ ಹಾಗೂ ಮಂಥನ ನಡೆಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಭದ್ರ ಬುನಾದಿಯನ್ನು ಹಾಕಿತು

ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿನ ಆವರ್ತನೆ

1860ರ ಅಧಿವೇಶನದ ನಂತರ, ಗಣನೀಯ ಸಂಖ್ಯೆಯ ತಿಳಿದಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳು (63) ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳು, ವೇಲೆನ್ಸಿ, ಇತ್ಯಾದಿಗಳ ಕುರಿತಾದ ಸ್ಪಷ್ಟನೆಯು ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಜೋಡಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸೂಕ್ತ ಆಧಾರ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿದವು. ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿಖರವಾದ 'ಆವರ್ತನೆ'ಯಾಗುವುದನ್ನು ಮೊದಲು ಗುರುತಿಸಿದವನು ಜಾನ್ ನ್ಯೂಲಾಂಡ್ಸ್. ಆತನ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ, ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಏರಿಕೆಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿದಾಗ (ಕಾನಿಝಾರೋ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿದಂತೆ), ಒಂದು ನಿರ್ಧಾರಿತ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಆರಂಭಿಸುವಾಗ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಎಂಟನೆಯ ಮೂಲಧಾತುವು ಪರಸ್ಪರ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದವು (**ಚಿತ್ರ 2** ನೋಡಿ). ಸಂಗೀತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಸ್ವರಾಷ್ಟಕ ಶ್ರೇಣಿಯ (ಮ್ಯೂಸಿಕಲ್‌ಒಕ್ಟೇವ್) ಸಮರೂಪತೆಯಿಂದಾಗಿ ಈ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಆತ ಅಷ್ಟಮ (ಒಕ್ಟೇವ್ಸ್) ನಿಯಮ ಎಂದೇ ಹೆಸರಿಸಿದನು. ನ್ಯೂಲಾಂಡ್ಸನು ಅವುಗಳ ಭೌತಿಕ ಹಾಗೂ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗಿಂತ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚು ಅವಲಂಬಿತನಾಗಿದ್ದುದು ಆತನ ಜೋಡಣೆಗೆ ಕೆಲವು ಮಿತಿಗಳನ್ನು ಹೇರಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಭಾಗಶಃ ಕಾರಣವಾದುದು ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಕೆಲವು ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಮೌಲ್ಯವು ನಿಖರವಾಗಿಲ್ಲದೇ ಇದ್ದುದು. ಇದು ಅವುಗಳನ್ನು ತಪ್ಪಾದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಇದಲ್ಲದೆ, ನ್ಯೂಲಾಂಡನು ತನ್ನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಈವರೆಗೆ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾಗದಿರುವಂತಹ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶವನ್ನು ಇರಿಸಿರಲಿಲ್ಲ.

ಒಗಟು ಬಿಡಿಸಿದ ಮೆಂಡಲೀವ್

ನ್ಯೂಲಾಂಡ್ಸನು ಆವರ್ತನೀಯ ಗುಣವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿದನಾದರೂ, ಮೂಲಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣದ ಆತನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗಂಭೀರವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸದೇ ಹೋದರು. ಆದುದರಿಂದ, ಆತ ತನ್ನ ಆಲೋಚನೆಗಳನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ವಿಸ್ತರಿಸುವ ಗೋಜಿಗೆ ಹೋಗಲಿಲ್ಲ. ದಿಮಿತ್ರಿ ಮೆಂಡಲೀವ್ ಎನ್ನುವಾತ 1869ರಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ನಂತರ 1871ರಲ್ಲಿ, ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ತನ್ನ ಆವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ವರ್ಗೀಕರಣದ ಈ ಅದ್ಭುತ ಪದ್ಧತಿಯು ಆವರ್ತನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ್ದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ತಾರ್ಕಿಕ ಮುಂದಾಲೋಚನೆಯ ಕಾರಣ ಇನ್ನೂ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೊಂಡಿರದಂತಹ ಹಲವು ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಜಾಗದ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಸ್ಥಾನಾವಕಾಶಗಳನ್ನೂ ಕಲ್ಪಿಸಿತು!

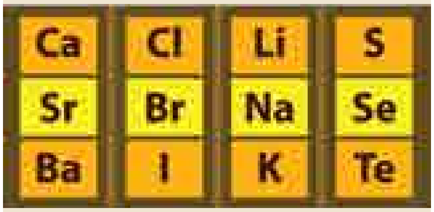
ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯಲ್ಲಿ ಮೆಂಡಲೀವನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಯಾವ ಕಾರಣದಿಂದ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸ್ವರೂಪದ್ದಾಗಿವೆ?

1. ಮೆಂಡಲೀವನ ಜೋಡಣೆಯು ಕೇವಲ ಕನಿಝಾರೋ ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿದ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೌಲ್ಯದ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ, ಆತ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಆಸಕ್ತಿಯಿಂದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಹಾಗೂ ಈ ಮೂಲಕ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಒಂದೇ ರೀತಿಯದಾಗಿರುವ ಅಥವಾ ಅನಲಾಗಸ್ 'ಮೂಲಧಾತು'ಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದುದಲ್ಲದೆ, ತನ್ನ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಏಕರೂಪತೆಗೆ ಆದ್ಯತೆಯನ್ನು ನೀಡಿದನು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಆತ ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಹಲವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು.

2. ಮೆಂಡಲೀವ್ ತನಗೆ ಲಭ್ಯವಿದ್ದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸರಿಜೋಡಣೆಯಿಂದ ಬಿಡಿಸಬೇಕಾದ ಚಿತ್ರಬಂಧದ ಸವಾಲಿನಂತೆ ಸ್ವೀಕರಿಸಿದನು. ಆತ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿಗೂ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಕಾರ್ಡುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಹಲವು ರೀತಿಯ ಜೋಡಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳನ್ನು ವಿಂಗಡಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದನು. ಈ ಜೋಡಣೆಗಳನ್ನು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ (ಪ್ರಸ್ತುತ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವಂತಹುದು)

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಮುಕ್ಕೂಟಗಳು.

ಮೂಲಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಕಾರ್ಲ್‌ಸ್ರೂಹ್ ಅಧಿವೇಶನದ ನಂತರ ಸಂಭವಿಸಿದ್ದರೂ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂಚೆಯೇ ಕೆಲವು ಗಮನಾರ್ಹ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದಿದ್ದವು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವೆಂದರೆ, ಡೋಬೆರೀನರನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು. ಡೋಬೆರೀನರನ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿನ ಸಮಾನತೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿತ್ತು: ಅವನು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಮೂರು ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಏರುವ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ (ಆಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದಂತೆ) ಜೋಡಿಸಿದನು. ಇದಾದ ನಂತರ ಅವನಿಗೆ ಕಂಡುಬಂದುದೆಂದರೆ, ಮಧ್ಯದ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯು ಉಳಿದೆರಡು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರವಾಗಿತ್ತು. ಆತ ತನ್ನ "ಮುಕ್ಕೂಟದ ನಿಯಮ"ವನ್ನು (Law of Triads) 1829ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಇದು ಮುಂದಕ್ಕೆ, 1843ರ ಸುಮಾರಿಗೆ ಇಂತಹ ಹತ್ತು ಮುಕ್ಕೂಟಗಳ ಪತ್ತೆಗೆ ಕಾರಣವಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 2. ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಮುಕ್ಕೂಟಗಳಿಗೆ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳು

ಕೃಪೆ: ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ. ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NC

ಆದರೂ, ಈ ಪೂರ್ವಭಾವೀ ವರ್ಗೀಕರಣವನ್ನು ಆಗ ತಿಳಿದಿದ್ದ ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣಕ್ಕೆ ಬಳಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ; ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಗುಂಪುರಚನೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಭದ್ರವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ: ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಚತುಷ್ಕೂಟ ಹಾಗೂ ಒಂದು ಪಂಚಕೂಟವನ್ನು ನಂತರ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು!

Li^{2} 7	Be^{3} 9	B^{4} 11	C^{5} 12	N^{6} 14	O^{7} 16	F^{8} 19
Na^{9} 23	Mg^{10} 24	Al^{11} 27.5	Si^{12} 28	P^{13} 31	S^{14} 32	Cl^{15} 35.5

ಚಿತ್ರ 3. ನ್ಯೂಲಾಂಡ್ಸ್‌ನ (Newlands') ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಒಂದು ಭಾಗ. ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಜೋಡಣೆ ಮಾಡುವ ಹಾಗೂ ಆವರ್ತನೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಿಕೆಯ ನ್ಯೂಲಾಂಡ್‌ನ ಸಾಹಸಮಯ ಪ್ರಯತ್ನವು ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿದೆ. ಫ್ಲೋರಿನ್ (F) ನಿಂದ ಸರಣಿಯ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಎಂಟನೆಯ ಮೂಲಧಾತುವಾದ ಕ್ಲೋರಿನ್ (Cl) ಅದಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಅವೆರಡೂ ಹ್ಯಾಲೋಜೆನ್ ಎನ್ನುವ ಒಂದೇ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನಂತರವಷ್ಟೇ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಕೃಪೆ: ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ.

ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NCCredits: Tejas Joshi. License: CC-BY-NC.

ನೇರ ಹಾಗೂ ಅಡ್ಡ ಸಾಲಿನ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ, ಆತ ನೇರ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಸಮಾನ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹಾಗೂ ಅಡ್ಡ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಏರಿಕೆ ಕ್ರಮವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡನು.

3. ಮೆಂಡಲೀವ್‌ನ ದೃಢ ನಂಬಿಕೆಯು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಆತ್ಮವಿಶ್ವಾಸದೊಂದಿಗೆ ಪ್ರಶ್ನಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿತು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ತಪ್ಪಾದ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ) ಮತ್ತು ಆತ ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಮೌಲ್ಯದ ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಹಾಗೂ ಸರಿಯಾಗಿ ಜೋಡಿಸದ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ತೊಡಗಿದನು. ಈ ದೃಢ ನಂಬಿಕೆ ಹಾಗೂ ಮುಂದಾಲೋಚನೆಯು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದುದು ಎಂದು ನಂತರದ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ರುಜುವಾತಾಯಿತು.

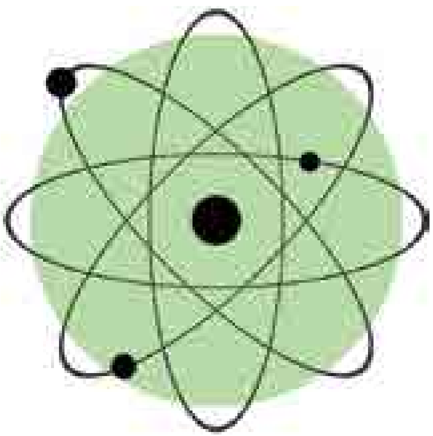
4. ಮೆಂಡಲೀವನ ಕೋಷ್ಟಕದ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖ ಲಕ್ಷಣವೆಂದರೆ, ಪ್ರಸ್ತುತ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾಗದೇ ಉಳಿದಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಉದ್ದೇಶಿಸಿ ಖಾಲಿ ಬಿಟ್ಟಿದ್ದ ಸ್ಥಾನಗಳು. ಆದರೆ ಇವುಗಳು ಕೇವಲ ಖಾಲಿ ಜಾಗಗಳು ಮಾತ್ರವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳು ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾಗದೇ ಉಳಿದಿದ್ದ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಹುದೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳ ಅಂದಾಜಿನಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದವು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂಗೆ ಸಮನಾದ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮೆಂಡಲೀವನು ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿದ್ದನು ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಎಕಾ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಎಂಬ ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದ್ದನು. ಅದನ್ನು ನಂತರ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಯಿತು). ಹೀಗೆ ಮೆಂಡಲೀವನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ, ಇಂತಹ ದಾರ್ಶನಿಕ ಹಾಗೂ ಎದೆಗಾರಿಕೆಯ, ಅನುಕೂಲಗಳು ಇನ್ನಷ್ಟು ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳಿಸುವುದನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸಿತು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಅದು ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಹುಡುಕಾಟಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ನೀಡಿತು!

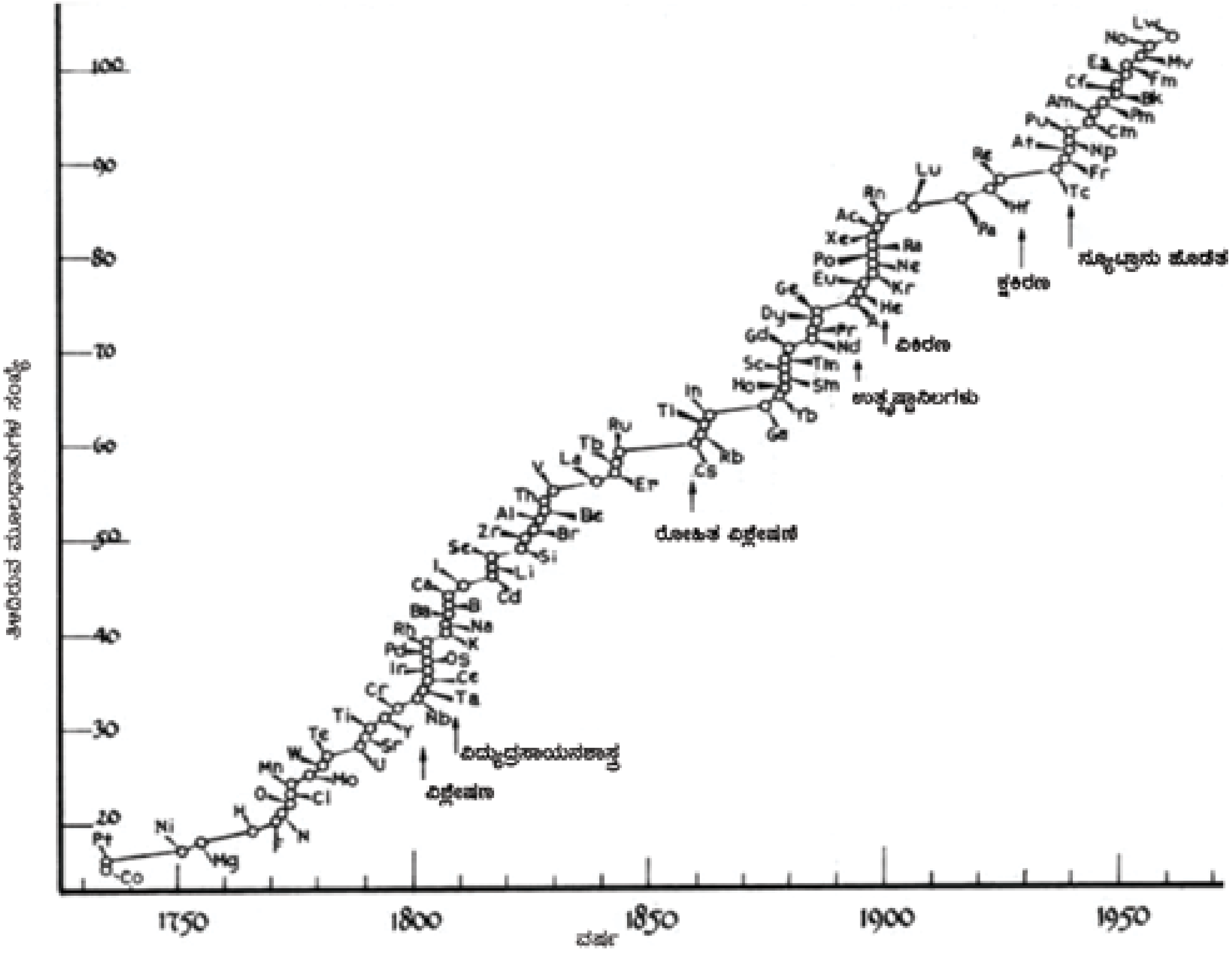
ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾಗಿ, ಸುಮಾರು ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಅಂತಹುದೇ ಆದ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ಲೋಥರ್ ಮೇಯರ್ ಎನ್ನುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದನು. ನಂತರದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೆ ನೀಡಿದ ಕೊಡುಗೆಗಾಗಿ ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೂ ಬಹುತೇಕ ಮೆಂಡಲೀವನಿಗೆ ದೊರಕಿದಷ್ಟೇ ಮಾನ್ಯತೆಯನ್ನು ನೀಡಲಾಯಿತು. ಮೇಯರನ ಕೋಷ್ಟಕವು ಪರಮಾಣು ಗಾತ್ರಗಳ ಏರಿಕೆಯಂತಹ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಭೌತಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಹತ್ವವನ್ನು ನೀಡಿತು.

ಇನ್ನಷ್ಟು ಬೃಹತ್ತಾದ ಸಮಸ್ಯೆ: ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು!

ಮೆಂಡಲೀವನ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವು ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದ 60ಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅಸಾಧಾರಣ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದರೂ, ಹಲವು ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರವು ಅದಕ್ಕೆ ಬೆದರಿಕೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಇಂತಹವುಗಳ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಸವಾಲಾಗಿ ಬಂದುದು 1859ರಲ್ಲಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬುನ್ಸೆನ್ ಮತ್ತು ಗುಸ್ತಾವ್ ಕಿರ್ಚಾಫ್ ಸೃಷ್ಟಿಸಿದ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೋಸ್ಕೋಪ್ ಬಳಸಿ ಮಾಡಿದ ರೇರ್ ಅರ್ಥ್ ಮೂಲಧಾತುಗಳಾದ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ. ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೋಸ್ಕೋಪ್ ಎನ್ನುವುದು ಒಂದು ಸಾಧನವಾಗಿದ್ದು, ಯಾವುದೇ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸದೇ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ತೋರುವ ಹಾಗೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವ ರೇರ್ ಅರ್ಥ್ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಈ ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೋಸ್ಕೋಪ್ ಬಳಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ತವಾಗಿತ್ತು. ಇಂತಹ ಹೆಚ್ಚಿನ ರೇರ್ ಅರ್ಥ್‌ಗಳು 1870ರ ನಂತರ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾದುದರಿಂದ ಮೆಂಡಲೀವನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು ಒಂದು ಸವಾಲಿನ ಕೆಲಸವಾಯಿತು.ಮೆಂಡಲೀವನ ವರ್ಗೀಕರಣದ ಪ್ರಮುಖ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳ ಪ್ರಗತಿ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಮಾನತೆಯು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿತ್ತು. 1905ರಲ್ಲಿ, ಆಲ್ಫ್ರೆಡ್ ವರ್ನರ್ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಬಗೆಹರಿಸಿದನು. ಈತ ಆಲ್ಕಲೈನ್ ಅರ್ಥ್ ಮೆಟಲ್ಸ್ ಮತ್ತು ಟ್ರಾನ್ಸಿಶನ್ ಮೆಟಲ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ರೇರ್ ಅರ್ಥ್‌ಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನ ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಈತನ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವು 33 ಲಂಬಸಾಲುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡು ಅತ್ಯಂತ ಸುದೀರ್ಘವಾದ ಕೋಷ್ಟಕವೆನಿಸಿತು! ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಸಂರಚನೆಯ ಯಾವುದೇ ಜ್ಞಾನವಿಲ್ಲದೆ ರೇರ್ ಅರ್ಥ್‌ಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಕೂರಿಸಿರುವುದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲವೇ?

ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದ ಸವಾಲೆಂದರೆ ವಿಲಿಯಮ್ ರಾಮ್ಸೇ ಮತ್ತು ಲಾರ್ಡ್ ರೇಲೀಯವರು 1894ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಮೊದಲ ನಿಷ್ಕ್ರಿಯ ಅನಿಲ– ಆರ್ಗಾನ್‌ನ ಆವಿಷ್ಕಾರ. ಈ ಆವಿಷ್ಕಾರವು ಹೆಚ್ಚಿನ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ





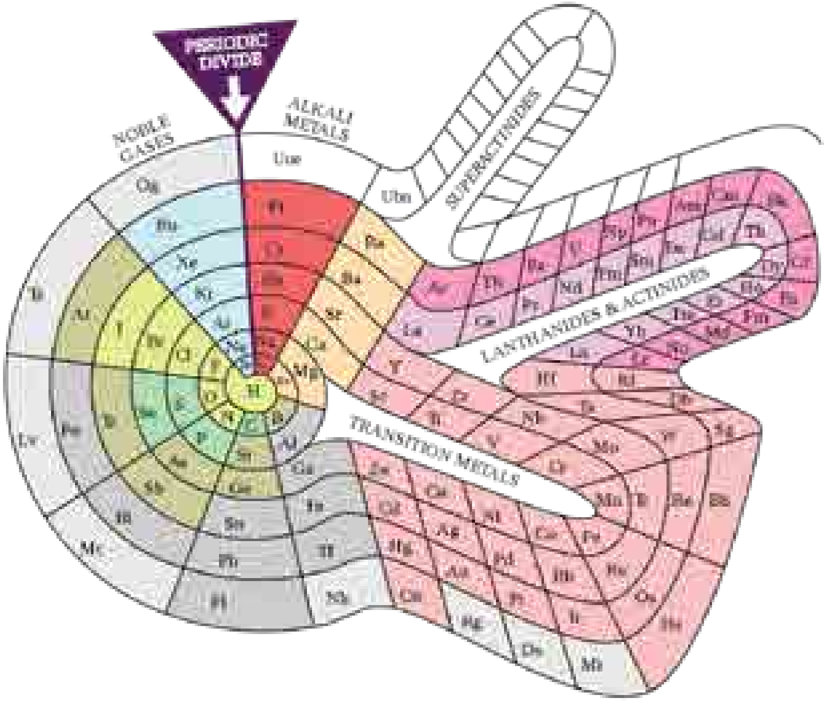
ಚಿತ್ರ 4. ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದ ಅವಲೋಕನ.

ಕೃಪೆ: ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ, ಗೋಲ್ಡ್ ವೈಟ್, ಹೆಚ್, ಮತ್ತು ಆಡಮ್ಸ್ ಆರ್. ಸಿ (1970), ಕ್ರೊನಾಲಜಿ ಆಫ್ ದ ಡಿಸ್ಕವರಿ ಆಫ್ ಎಲಿಮೆಂಟ್ಸ್, ಜರ್ನಲ್ ಆಫ್ ಕೆಮಿಕಲ್ ಎಡುಕೇಶನ್ 47(12), 808 ನಿಂದ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ

ಮೆಚ್ಚುಗೆಯಾಗಲಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕವಾಗಿರದ ಆರ್ಗಾನ್, ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಈ ವರೆಗೆ ನಾವು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ಹಾಗೂ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಛೀತಿಗೊಡ್ಡುವಂತಿತ್ತು. ಮುಂದೆ ಸಂಭವಿಸಿದ ಇತರ ಜಡ ಅನಿಲಗಳಾದ ಹೀಲಿಯಂ, ನಿಯಾನ್, ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ಮತ್ತು ಸೆನಾನ್‌ಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರವು ಈ ಸಂಕೀರ್ಣತೆಯನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದವು ಮತ್ತು ಇದು ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಪೂರ್ವವಾದ ಗುಂಪಿನ ಜೋಡಣೆಗೆ ಕಾರಣವಾಯಿತು. ಈ ಗುಂಪನ್ನು ಹ್ಯಾಲೊಜೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಆಲ್ಕಾಲಿ ಲೋಹಗಳ ನಡುವೆ ಇರಿಸಲಾಯಿತು. 1898ರಲ್ಲಿ, ಮೇರಿ ಕ್ಯೂರಿ ಹಾಗೂ ಆಕೆಯ ಪತಿ ಪಿಯರಿ ಪೋಲೋನಿಯಮ್ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯಂ ಅನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದರು. 1911ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಸುಮಾರು 30 ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಪತ್ತೆಯಾಗಿದ್ದವು. ಇವುಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರವು ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ನಮ್ಮ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಸವಾಲಾಯಿತು. ಏಕೆಂದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದವು, ಆದರೆ, ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಗಳು ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದವು. ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳಿಗೆ ಎಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಹೇಗೆ ಸ್ಥಾನ ನೀಡುವುದು ಎನ್ನುವ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಉದ್ಭವಿಸಲು ಇವುಗಳು ಕಾರಣವಾದವು. ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಎಲ್ಲಾ ಸಮಸ್ಥಾನಿ (ಐಸೋಟೋಪ್– ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳು)ಗಳನ್ನು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಜೊತೆಗೆ, ವಿಭಿನ್ನ ಪರಮಾಣು ರಾಶಿಗಳ ಹೊರತಾಗಿಯೂ, ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಬೇಕು ಎಂದು ಸಲಹೆ ನೀಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಫ್ರೆಡೆರಿಕ್ ಸಾಡಿ ಮತ್ತು ಕಾಝಿಮಿಯರ್ಝ್ ಫಾಜಾನ್ಸ್ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಿದರು.

ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ: ಮೂಲಧಾತುವಿನ ವಿನೂತನ ಹಸ್ತಾಕ್ಷರ

1913ರ, ಹೆನ್ರಿ ಮೋಸ್ಲೀಯ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಸ್ಥಾನೀಯ ಸಂಖ್ಯೆ ಹಾಗೂ ಆ ಮೂಲಧಾತುವಿನಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಕ್ಷ–ಕಿರಣದ ನಡುವೆ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಗಣಿತದ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿತು. ಹೀಗೆ, ಆತನಿಗೆ ಮೊದಲ



ಚಿತ್ರ 5. ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದೇ?
ಇಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಅಸಾಧಾರಣವಾಗಿರುವ ವಿನ್ಯಾಸದ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿದೆ–ಥಿಯೋಡೋರ್ ಬೆನ್ಫೀ ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಕೋಷ್ಟಕ. ಈ ಸುರುಳಿಯ ಕೇಂದ್ರಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕವನ್ನಿರಿಸಿದ್ದು, ಅಲ್ಲಿಂದ ಸುರುಳಿಗಳು ಎಂಟು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ ಹೊರಹೊರಟಿವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಟ್ರಾನ್ಸಿಶನ್ ಧಾತುಗಳು, ಲ್ಯಾಂಥನೈಡುಗಳು, ಮತ್ತು ಆಕ್ಟಿನೈಡುಗಳಿವೆ. ಸುರುಳಿ ಮತ್ತು ಹೆಲಿಕಲ್ ಮಾದರಿಗಳು ಹೊಸದೇನಲ್ಲ– ಚಾನ್ಕೋರ್ಟೋಯ್ಸ್ ಎಂಬುವವನಿಂದ 1862 ರಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲಾದ ಟೆಲ್ಯುರಿಕ್ ಸ್ಕ್ರೂ ಮಾದರಿಯು ಹೆಲಿಕಲ್ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರಮುಖ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ವದಾದ್ಯಂತ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದ ಇಂತಹ ಇತರ ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಲು ಮಾರ್ಕ್ ಲೀಚ್‌ನ ಆನ್ ಲೈನ್ ಸಂಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ಭೇಟಿ ನೀಡಿ: http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php.

ಕೃಪೆ: ದೇ ಫೀಪ್ (ಸ್ವಕೃತಿ), ವಿಕಿಮೀಡಿಯಾ ಕಾಮನ್ಸ್. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Alternative_periodic_tables#/media/File:Elementspiral_(polyatomic).svg. License: CC-BY-NC

ಬಾರಿಗೆ ಹಲವು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಆತನ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದಾಗಿ ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಬದಲಾಗಿ ಇಂದು ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ (ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ಯನ್ನು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಹಸ್ತಾಕ್ಷರ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮೋಸ್ಲೀಯ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಒಟ್ಟು 14 ರೇರ್ ಅರ್ಥ್‌ಗಳು, ಜೊತೆಗೆ ಅಂದಿನ ವರೆಗೆ ಕಳೆದುಹೋಗಿದ್ದ, ಕ್ಷ–ಕಿರಣ ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ಆವಿಷ್ಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ, ಎರಡು ಮೂಲಧಾತುಗಳಾದ ಹಾಫ್ನಿಯಮ್ ಮತ್ತು ರೆನಿಯಮ್ ಇವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತೋರಿಸಿತು. ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕಕ್ಕೆ ಆಗಿರುವ ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ಸೇರ್ಪಡೆಗಳೆಂದರೆ ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಮೂಲಧಾತುಗಳು. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ನೈಸರ್ಗಿಕವಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಧಾತುಗಳೇ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಎಂಬ ಪರಿಮಿತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಮೇಲಿನ ಸಂಘಟ್ಟನದಿಂದ ಸಂಭವಿಸುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಮೂಲಕ ಸೃಷ್ಟಿಸಲಾಗುವ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವವರೆಗೆ ವಿಕಾಸಗೊಂಡಿತು. ಮೊದಲು ಸೃಷ್ಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಮೂಲಧಾತುವೆಂದರೆ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ. ಎಡ್ವಿನ್ ಮೆಕ್‌ಮಿಲನ್ ಮತ್ತು ಫಿಲಿಪ್ ಏಬಲ್ಸನ್ ಎನ್ನುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬರ್ಕ್ಲೀ ವಿಕಿರಣ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ 1940 ರಲ್ಲಿ ಟ್ರಾನ್ಸ್–ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಮಾಡಿದರು. ನಂತರ ಗ್ಲೆನ್ ಸೀಬೋರ್ಗ್ ಹಾಗೂ ಅವನ ಸಹವರ್ತಿಗಳು ಹಲವಾರು ಟ್ರಾನ್ಸ್–ಯುರೇನಿಯಮ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿದರು. ಇವೆಲ್ಲವುಗಳಿಗೂ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಕಲ್ಪಿಸುವುದು ಮತ್ತೊಂದು ಸವಾಲಿನ ವಿಚಾರವಾಯಿತು, ಏಕೆಂದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಯಾರೂ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿರಲಿಲ್ಲ! 1944ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ, ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ಸ್ ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದ ಸೀಬೋರ್ಗ್ ನವೀಕರಿಸಿದ ಕೋಷ್ಟಕವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಇಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡುಗಳಿಗೆ ರೇರ್ ಅರ್ಥ್(ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ಸ್)ಗಳ ಕೆಳಗೆ ಸ್ಥಾನ ನೀಡಲಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ತಳಹದಿಯಾದುದು ಆಕ್ಟಿನೈಡುಗಳು ಅವುಗಳ ಅನುರೂಪವಾದ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡುಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವ ಅಂಶ. ಇವು ತಮ್ಮಂತಹ ಇನ್ನಷ್ಟು ಕೃತಕ ಧಾತುಗಳ ಗುರುತುಹಿಡಿಯುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನೆರವಾದವು.

ಒಂದು ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಸಾಧನವಾಗಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ

ಹೀಗೆ– ಇಂದು ನಾವು ಇಲ್ಲಿದ್ದೇವೆ, ಚಿರಪರಿಚಿತವಾದ ಸುದೀರ್ಘ ಸ್ವರೂಪದ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ. ನಿಜಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸುದೀರ್ಘ ಪಯಣ, ಅಲ್ಲವೇ? ಅದೂ ಇನ್ನೂ ಕೊನೆಗೊಂಡಿರದಂತಹುದು– ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಹಾಗೂ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಸುಧಾರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಇನ್ನೂ ಸಾಗುತ್ತಲೇ ಇವೆ (ಇಂತಹ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ **ಚಿತ್ರ 4** ನೋಡಿ)! ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮೇಲೆ ಆಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳು ದಾಖಲಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಜಾಗತಿಕ ತಂಡವಾದ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯಾಶನಲ್ ಯೂನಿಯನ್ ಆಫ್ ಪ್ಯೂರ್ ಎಂಡ್ ಅಪ್ಲೈಡ್ ಕೆಮಿಸ್ಟ್ರಿ (ಐಯುಪಿಎಸಿ) ಯಿಂದ ನವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳು ತಾಂತ್ರಿಕ ಮಾಹಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಬದಲಾವಣೆಗಳು, ಅಥವಾ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳ ಸೇರ್ಪಡೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ಆವೃತ್ತಿ (ಜನವರಿ 2016)ಯು ಶಿಕ್ಷಕವೃಂದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಿತ ಪರಾಮರ್ಶನ ವಸ್ತುವಾಗಿದೆ, ಸುದ್ದಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ನಾಲ್ಕು ಹೊಸ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿಕೊಂಡಿದೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು 113, 115,117, ಮತ್ತು 118 ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅರಿವಿನ ಪ್ರಗತಿಯು ಒಂದು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಆದರೆ ನಿಧಾನವಾದ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮತ್ತು ಆ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸುವುದು ಮಾನವನ ಸತತ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗಿರುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅಸಾಧಾರಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವು ನಿರೂಪಿಸುವುದರಿಂದ ಅದು

1. ಮೊದಲ ಸಂಪನ್ಮೂಲವು ಒಂದು ಇನ್ಫೋಗ್ರಾಫಿಕ್ಸ್ ಫ್ಲಯರ್ ಆಗಿದ್ದು, ಅದು ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಮೈಲಿಗಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಬಿಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಜೊತೆಗೆ ಅದಕ್ಕೆ ಕೊಡುಗೆ ನೀಡಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಈ ಸಂಪನ್ಮೂಲದಿಂದ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗಿದೆ.
2. ಆದರೆ ಈ ಫ್ಲಯರ್ ಒಂದು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವ, ಸಂಪೂರ್ಣವಲ್ಲದ, ಚಟುವಟಿಕೆ– ಆಧಾರಿತ, ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕಕ್ಕೆ ತೆರೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸುಳಿವುಗಳು, ಖಾಲಿ ಸ್ಥಳಗಳನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಓದುಗರು ಪೂರ್ಣಗೊಳಿಸಬೇಕು.
3. ಎರಡನೆಯ ಸಂಪನ್ಮೂಲವು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿಗೆ ಒಂದರಂತೆ 114 ದೃಶ್ಯ ಮಾಹಿತಿ ಕಾರ್ಡುಗಳು.
4. ವರ್ಣ–ಸಂಯೋಜಿತ, ಹಾಗೂ ಸಚಿತ್ರ ಕಾರ್ಡ್ ಇದಾಗಿದ್ದು, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವೂ ಓದುಗರೊಂದಿಗೆ 'ಮಾತನಾಡುತ್ತದೆ' ಮತ್ತು ವಿಭಿನ್ನ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅವರೊಂದಿಗೆ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ವಿವರ ಪೋರ್ಟಲ್ಲಿನಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿದೆ.

www.bit.ly/lmtce ಪೋರ್ಟಲ್ ನಿಮ್ಮನ್ನು ಈ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಕುರಿತಾದ ವಿವರಗಳ ಮೂಲಕ ಕರೆದೊಯ್ಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನೀವು ಮುಂದೆ ಬಳಸಬಹುದಾಗಿರುವಂತಹ ಉಪಯುಕ್ತ ಮಾಹಿತಿಗೆ ಹೈಪರ್‌ಲಿಂಕ್ ಕೊಂಡಿಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 6. ಹೋಮಿ ಭಾಬಾ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ಸೈನ್ಸ್ ಎಜುಕೇಶನ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಪಡಿಸಲಾಗಿರುವ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು.
ಕೃಪೆ: ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ. ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NC

ಬಾಕ್ಸ್ 4. ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು

ಈ ಲೇಖನಕ್ಕಾಗಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮೇಲೆ ನಾವು ಓದಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿರುವ ಮುದ್ರಿತ ಹಾಗೂ ಜಾಲಾಧಾರಿತ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು ಮತ್ತು ನಾವು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿರುವ ಬೋಧನಾ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ವಿಸ್ತೃತ ಪಟ್ಟಿಯು ಆನ್‌ಲೈನಿನಲ್ಲಿ www.bit.ly/lmtce ನಲ್ಲಿ ಪೋರ್ಟಲ್ಲಿನ 'ಪ್ರಮುಖ ಉಲ್ಲೇಖಗಳು ಮತ್ತು ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು' ವಿಭಾಗದ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಲಭ್ಯವಿದೆ. ಈ ಪೋರ್ಟಲ್ಲನ್ನು ಭೇಟಿ ಮಾಡುವುದನ್ನು ನಾವು ಶಿಫಾರಸು ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ಪೋರ್ಟಲ್ ಅನ್ನು ವಿಭಿನ್ನ ಪ್ರೇಕ್ಷಕರಿಗಾಗಿ ಬೋಧನಾ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಲಭ್ಯಗೊಳಿಸಲೆಂದೇ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವರಿಗೆ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಮುದ್ರಿತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಿಗದಿರಬಹುದು ಇಲ್ಲವೇ ಬೋಧನಾ ಸಲಕರಣೆಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶ ಹೊಂದದೇ ಇರಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿನ ಕೆಲವು ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು ನಿಮಗೆ ನಿಮ್ಮ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಫೂರ್ತಿಯನ್ನು ಹಾಗೂ ಬೆಂಬಲವನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವ ಭರವಸೆ ನಮಗಿದೆ– ಅದು ನಿಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸ ಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿರಬಹುದು, ಇಲ್ಲವೇ ಸ್ವ–ಕಲಿಕೆಯತ್ತ ಅವರನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವಲ್ಲಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಪ್ರಶ್ನೆ ಕೇಳಲು ಮತ್ತು ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಅವರನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವಲ್ಲಿರಬಹುದು. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ ಹಾಗೂ ಧಾತುಗಳೆಡೆಗೆ ಮೆಚ್ಚುಗೆ ಬೆಳೆಸಿಕೊಳ್ಳಲು ನೆರವಾಗುವ ಆರಂಭಿಕ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುವ ಕಲಿಕಾಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಮುದ್ರಿತ ರೂಪವನ್ನೂ ನಾವು ಒದಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು ಖರೀದಿಗೆ ಲಭ್ಯವಿದ್ದು, ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಣೆಗಾಗಿ ನಮ್ಮನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು.

ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಕಲಿಕೆಗೆ, ಹಾಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಅಮೂಲ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಇದು ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮೇಲಿನ (ಅಥವಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮೇಲಿನ ಯಾವುದೇ ಅಧ್ಯಯನದ ಮೇಲಿನ) ನಿಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ವಿಶಾಲವಾಗಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವ ಭರವಸೆಯೊಂದಿಗೆ ನಾವಿದನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು, ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣಗೊಂಡಿರುವ ಉತ್ಪನ್ನವೆಂದು ನೋಡುವುದರ ಬದಲಾಗಿ, ಒಂದು ಇನ್ನೂ ನಿಲ್ಲದೆ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿರುವ, ನಿಮ್ಮನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದಿಡುವ, ಸ್ವತಃಸಿದ್ಧ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ತಾರ್ಕಿಕ ಚಿಂತನೆಯ ಮೂಲಕ ಬಿಡಿಸಲು ಪಟ್ಟುಬಿಡದೆ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ ಪಾತ್ರಗಳುಳ್ಳ ಕೌತುಕಮಯ ಕಥೆಯ ಫಲಿತಾಂಶದಂತೆ ನೋಡುವಿರೆಂಬುದು ನಮ್ಮ ನಂಬಿಕೆ.

ತೇಜಸ್ ಜೋಶಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿ ಕಾಲೇಜ್ ಲಂಡನ್ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಎಜುಕೇಶನ್‌ನಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಎಂ.ಎ. ಕಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ. ಇದಕ್ಕೂ ಮುನ್ನ ತೇಜಸ್‌ರವರು 2009ರಿಂದ ಹೋಮಿ ಭಾಭಾ ಸೆಂಟರ್ ಫ಼ಾರ್ ಸೈನ್ಸ್ ಎಜುಕೇಶನ್ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಗದಿತವಾಗಿ ಮಲ್ಟಿ ಕಾಂಪೊನೆಂಟ್ ಆರ್ಗಾನಿಕ್ ರಿಯಾಕ್ಷನ್ (ಬಹು–ಘಟಕ ಸಾವಯವ ಕ್ರಿಯೆ)ನ ಮೇಲೆ ಮೊದಲು ಕೆಲಸ ಮಾಡಿ ನಂತರ, ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕಾಗಿ ದೃಶ್ಯ ಕಲಿಕಾ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವ ಕೆಲಸವನ್ನು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸಿದರು. ಅವರ ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ಯೋಜನೆಯು ವಿಷಯಾಧಾರಿತ ಕಲಿಕೆ, ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ, ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಹಾಗೂ ಸಂವಹನೆಗಾಗಿ ಮುಕ್ತ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಪನ್ಮೂಲ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ, ಇವುಗಳ ಮೇಲಿವೆ. ತಮ್ಮ ಬಿಡುವಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ತೇಜಸ್‌ರವರು ವರ್ಣಚಿತ್ರಕಲೆ, ರೇಖಾಚಿತ್ರ ರಚನೆ ಹಾಗೂ ತೋಟಗಾರಿಕೆಯನ್ನು ಆನಂದಿಸುತ್ತಾರೆ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: tejas@oldifluff.org

ಸವಿತಾ ಲಡಗೆಯವರು ಟಿಐಎಫ್‌ಆರ್‌ನ ಹೋಮಿ ಭಾಭಾ ಸೆಂಟರ್ ಫ಼ಾರ್ ಸೈನ್ಸ್ ಎಜುಕೇಶನ್ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕ ವೃಂದದ ಸದಸ್ಯರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಡಾಕ್ಟರೇಟ್ ಪದವಿ ಪಡೆದಿರುತ್ತಾರೆ. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಲಿಂಪಿಯಾಡ್ ಸ್ಪರ್ಧೆಗಳ ಆಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿ ಆಕೆ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದ್ದಾರೆ–15 ವರ್ಷಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಇವರು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ, ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಕೆಲಸಗಳು ಹಾಗೂ ಆಯ್ಕೆಯ ಹಂತಗಳ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮಾಡುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಪದವಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಎನ್ಐಎಸ್‌ಯು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನೂ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಶಿಕ್ಷಣ ರಂಗದಲ್ಲಿ ಆಕೆಯ ಆಸಕ್ತಿಯು ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ (ಅನಾಲಿಟಿಕಲ್ ಕೆಮಿಸ್ಟ್ರಿ), ರಾಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರ ಶಿಕ್ಷಣ, ವಿಶೇಷವಾಗಿ ತಪ್ಪು ಗ್ರಹಿಕೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಶಿಕ್ಷಣ ಹಾಗೂ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪದವಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವುದು – ಇವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ: savital@hbcse.tifr.res.in.

ಅನುವಾದ: ಸ್ಮಿತಾ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ

ಬಲದ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದು

ಸೌರವ್ ಶೋಮ್

ಬಲದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ನ್ಯೂಟನ್ ನ ಯಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (ಮೆಕಾನಿಕ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ) ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರಬೇಕೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುವ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ನ್ಯೂಟನ್ ನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಚಿತರಾಗಿದ್ದರೂ, ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವು ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಪ್ಪು-ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಒಂದು ಸರಣಿಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತ ಪಡಿಸುತ್ತದೆ.

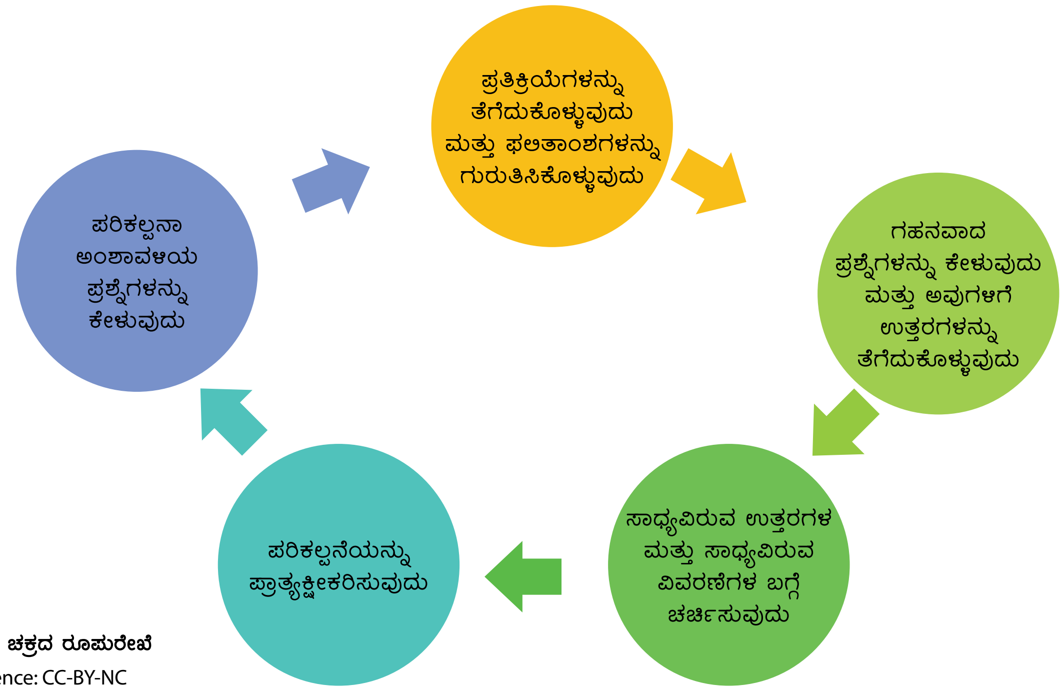
ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರ(ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ್) ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಬಲದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಮೂಲಭೂತವಾದುದಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ -ಪ್ರಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅನೇಕ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು [ಅಥವಾ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು] ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಇದಾಗಿದೆ. ಮತ್ತು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಹ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟತೆ ಹೊಂದಿರದೇ ಇರುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಪ್ಪುಗ್ರಹಿಕೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವೈಯಕ್ತಿಕ ತಪ್ಪುಗಳು ಅಥವಾ ಅರಿವಿನ ಮಿತಿಗಳ ಬದಲಾಗಿ ನೈಜ ಜೀವನದ ಅನುಭವದಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಗೆಲಿಲಿಯೋ-ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್-ಪೂರ್ವ ಯುಗಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವಂತೆ ಈ ತಪ್ಪು-ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಅವರ ತಿಳುವಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಆಳವಾಗಿ ಹುದುಗಿಹೋಗಿವೆಯೆಂದರೆ, ಅವರ ಈ ತಪ್ಪುಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ತೋರಿಸುವುದು ಅಥವಾ ಅವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸರಿಯಾದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಅವರನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಕಂಡುಬರುತ್ತಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ಚೌಕಟ್ಟನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಅವನಲ್ಲಿ/ಅವಳಲ್ಲಿ ಸಂಜ್ಞಾನಾತ್ಮಕ ಸಂಘರ್ಷವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಕೆಲವು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿ ಪ್ರಶ್ನಿಸುವುದು ಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಲೇಖಕರು ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಅಧಿವೇಶನದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮನ್ನು ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡು ಬಲ ಹೇಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಅವರ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ತಪ್ಪು-ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದ ತಮ್ಮ ಅನುಭವಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ:

ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ನಡೆಸಿದ ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಸತ್ರಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಭಾರತದ ರಾಜ್ಯ ಒಂದರ ಒಂದೇ ಜಿಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ 19 ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು 8 ಮಂದಿ ಶಿಕ್ಷಕ-ಪ್ರಶಿಕ್ಷಕರು ಹಾಜರಾಗಿದ್ದರು.

ಎಲ್ಲಾ ಶಿಕ್ಷಕರೂ ಕನಿಷ್ಠ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ/ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಮತ್ತು ಪ್ರೌಢ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು/ಅಥವಾ ಪರಿಸರ ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಷಯವನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಅವರಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸ್ನಾತಕ/ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ಕನಿಷ್ಠ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಶಾಲಾ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಅಧ್ಯಾಪಕ-ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ 0-15 ವರ್ಷಗಳ ಸಂಯುಕ್ತ ಅನುಭವವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು.



ಚಿತ್ರ 1. ಅಧಿವೇಶನದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ಚಕ್ರದ ರೂಪುರೇಖೆ
Credits: Saurav Shome. Licence: CC-BY-NC

ಕಾರ್ಯಾಗಾರ–ಅಧಿವೇಶನದ ಸ್ಥೂಲ ವಿನ್ಯಾಸ

ಕಾರ್ಯಾಗಾರ–ಭಾಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಜ್ಞಾನಾತ್ಮಕ ಸಂಘರ್ಷವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಚಕ್ರದ ರೂಪುರೇಖೆಯನ್ನು **ಚಿತ್ರ** 1 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸತ್ರದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಮೂನೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಕ್ರಮವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿತ್ತು. ಮೊದಲಿಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಆ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಅವರಿಗೆ ಕೇಳಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಕೆಲವು ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಮೌಖಿಕವಾಗಿ ಕೇಳಿ ಅಥವಾ ಬ್ಲ್ಯಾಕ್ ಬೋರ್ಡ್ ಮೇಲೆ ಬರೆದು ಅವುಗಳಿಂದ ತಮಗೆ ಸರಿ ಎನಿಸಿದ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಲಾಯಿತು, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಗೂ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ತಮ್ಮ ಆಯ್ದ ಉತ್ತರವನ್ನು ಒಂದು ಚೀಟಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವಂತೆ ಹೇಳಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಲೇಖಕರು ಆ ಚೀಟಿಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉತ್ತರ

ಬಲವನ್ನು ನೀವು ಎಷ್ಟು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದೀರಿ?

ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಬಲವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ!

ಪ್ರಶ್ನೆ 1: ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳಿವೆ – A ಮತ್ತು B. ಅವು ಒಂದೇ ಕಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿವೆ. ಕುರ್ಚಿ– A ಮೇಲೆ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯ ಕುಳಿತಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಹಿಂದಿನ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ತನ್ನ ಕೈಗಳನ್ನು ಇಡುತ್ತಾನೆ. ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಆ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– B ಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಾನೆ. ಈ ರೀತಿ ತಳ್ಳುದುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಹೇಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಸರಿಯಾದುದು ಎಂದು ನಿಮಗೆ ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ?

ಎ) ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿಯಾಗಲಿ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಿ) ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ– B ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಿ) ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಎರಡೂ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ– B ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಡಿ) ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಈ ಎರಡೂ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಇ) ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಈ ಎರಡೂ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಉತ್ತರಗಳು: 22(81%) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರ ಸಿ)ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಆದರೆ 5(19%) ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರ ಇ)ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು.

ನೀವು ಯಾವ ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?

ಚಿತ್ರ 2. ಕುರ್ಚಿ – Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ – Bಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದು.
ಕೃಪೆ: ಸೌರವ ಶೋಮ್ ಲೈಸೆನ್ಸ್: CC-BY-NC

ಎಷ್ಟು ಬಾರಿ ಬಂದಿದೆ ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ಪ್ರತಿಶತ ಬಂದಿದೆ (%) ಎಂಬುದನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ಸಹ-ಭಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಗೋಪ್ಯತೆಯನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು.

ಮೊದಲನೆ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಬಲ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಅಂಶಾವಳಿಯಿಂದ (Force Concept Inventory – FCI) ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಸರಳಗೊಳಿಸುವ ಮತ್ತು ಸಹ-ಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಸಾಂದರ್ಭಿಕವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಗೊಳಿಸುವ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಮತ್ತು ಉತ್ತರಗಳ ಪದ-ಪುಂಜಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಉತ್ತರಗಳ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಮೌಖಿಕವಾಗಿ ಕೇಳಲು ಹಿಂದಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ (ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪರಿಚಯವಿದ್ದ ಭಾಷೆ) ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿನ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉತ್ತರ ಎಷ್ಟು ಬಾರಿ ಬಂದಿದೆ ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ಪ್ರತಿಶತ ಬಂದಿದೆ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿಕೊಂಡ ನಂತರ ಕೆಲವು ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು, ವಾದ-ವಿವಾದವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಲೇಖಕರು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಗಹನವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳಿದರು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ ಲೇಖಕರು ಕೆಲವು ಹೊಸ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಮತ್ತು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಆ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದ್ದರು.

ಉತ್ತರ – 1: ಪ್ರಶ್ನೆ 1ರ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ (e) ಪರ್ಯಾಯದಲ್ಲಿರುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ (b)ಯನ್ನು ಏಕೆ ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದರು?

ಕುರ್ಚಿ- A ಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಚಲನೆ ಇರಲಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಗಮನಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಕುರ್ಚಿ- B ಯಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಚಲನೆ ಇರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರು. ಅವರುಗಳು ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಗೂ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಿದರು. ಈ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕುರ್ಚಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸುತ್ತಾ, ಕುರ್ಚಿ- A ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಯಾವುದೇ ಬಲ ಇರಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ವಾದಿಸಿದರು.

ಈ ವಾದ ತಪ್ಪು ಏಕೆ? ಈ ಪರ್ಯಾಯವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದುದರಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಒಂದು ನಿರ್ಣಾಯಕ ಅಂಶವಿದೆ. ಸಹ-ಭಾಗಿಗಳು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಗಣನೆಗಳನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು; ಅವೆಂದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಉಲ್ಲಂಘನೆ ಮತ್ತು ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಕುರ್ಚಿ- A ಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ- B ಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಕುರ್ಚಿ- B ಸಹ ಸರಿಯಾಗಿ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಕುರ್ಚಿ- Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳು ಈ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸಿ, ಚಲಿಸುವಾಗ, ಮತ್ತೊಂದು ಎರಡನೆಯ ಬಲ ಅಂದರೆ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತೊಡಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳ ಗಾಲಿಗಳ ತಿರುಗುವಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳೂ ತಳ್ಳುವಿಕೆಯ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸಿದರೂ ಅಂದರೆ ಪಡೆದರೂ, ಅವು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಅರ್ಥ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳ ತೂಕದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಕುರ್ಚಿ- A ಅದರ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ತೂಕವನ್ನು ಅತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಹೊತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಅದು ಕುರ್ಚಿ- B ಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ದೂರಗಳಿಗೆ ಚಲಿಸಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಸಕ್ತಿದಾಯಕ ವಿಷಯವೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು ಕೇಳಿದಾಗ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಅದನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿಯೇ ನಿರೂಪಿಸಿದರು – "ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕ್ರಿಯೆಯೂ ಸಮಾನವಾದ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ". ಆದರೆ ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿರುವುದು ಅವರ ಉತ್ತರಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿರಲಿಲ್ಲ.

ಉತ್ತರ – 2: 2ನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ ಆಯ್ಕೆ ಇ) ಯಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿರುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ

ಪ್ರಶ್ನೆ 2: ಪ್ರಶ್ನೆ – 1ರ ದೃಶ್ಯವನ್ನೇ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಆದರೆ ಈಗ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೂ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯ ಕುಳಿತಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಅವನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕುರ್ಚಿ– A ಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ 1.5 ರಷ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ. ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಕುರ್ಚಿ– B ಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಾನೆ. ಏನಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿ ಮತ್ತು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಹೇಳಿಕೆಗಳಿಂದ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿ.

ಎ) ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿ– B ಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಒಬ್ಬನು ಇನ್ನೊಬ್ಬನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಿ) ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಆ ಕುರ್ಚಿ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಸಿ) ಕುರ್ಚಿ– B ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಈ ಇಬ್ಬರೂ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ, ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಡಿ) ಕುರ್ಚಿ– B ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ – ಈ ಇಬ್ಬರೂ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಇ) ಕುರ್ಚಿ– B ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಎಫ್) ಕುರ್ಚಿ– B ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ– Aಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಉತ್ತರಗಳು: 15 (56%) ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯ ಸಿ) ಯನ್ನು, 5(18%) ಮಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ಇ) ಯನ್ನು, 3(12%) ಮಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ಎಫ್) ಅನ್ನು, ಇಬ್ಬರು (7%) ಪರ್ಯಾಯ ಬಿ) ಯನ್ನು ಮತ್ತು ಒಬ್ಬರು (4%) ಮಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ಎ) ಯನ್ನು, ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ್ದರು.

ನೀವು ಯಾವ ಪರ್ಯಾಯವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವಿರಿ?

ಚಿತ್ರ 3. ಕುರ್ಚಿ–Aಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಕುರ್ಚಿ–Bಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನೊಂದಿಗೆ ಕುರ್ಚಿಯನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದು.

ಕೃಪೆ: ಸೌರವ್ ಶೋಮೆ ಲೈಸೆನ್ಸ್– CC-BY-NC

ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೊಂದು ವೈವಿಧ್ಯತೆ ಇದ್ದುದು ಏಕೆ?

ಆಯ್ಕೆ ಸಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ್ದವರು ನ್ಯೂಟನನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಎರಡನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು ಎನ್ನುವುದು ಸಾಬೀತಾಗುತ್ತದೆ. ಚಲಿಸಿದ (ಕ್ರಮಿಸಿದ) ದೂರವನ್ನು ಅಥವಾ ಅದು ಉಂಟು ಮಾಡಿದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದು ಮಾತ್ರ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿರುವ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವು ಸಮಾನವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಲು ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ನಾವು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ, ಆಯ್ಕೆ ಎಫ್) ಅನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಕುರ್ಚಿ–A ಚಲನೆಗಿಂತ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಚಲನೆ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದುದರಿಂದ ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು. ಈ ಎರಡೂ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕುರ್ಚಿಗಳು ಕ್ರಮಿಸಿದ ದೂರವನ್ನು ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಈ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದರು, ಆದರೆ ಅವರುಗಳು ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು, ಆಯ್ಕೆ ಬಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದ ಇಬ್ಬರು ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಸಜೀವ ವಸ್ತುಗಳು ಅಥವಾ ತಳ್ಳುವ ಇಚ್ಛೆ ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಮಾತ್ರ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂದು ತಪ್ಪಾಗಿ ಊಹಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಪರ್ಯಾಯ ಎ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದ್ದ ಒಬ್ಬನೇ ಒಬ್ಬ ಸಹಭಾಗಿ ಮನುಷ್ಯನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿಯಾಗಲಿ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದರು.

ಈ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆ – 1 ಮತ್ತು ಪ್ರಶ್ನೆ – 2ಕ್ಕೆ ತಮ್ಮ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ತುಲನೆ ಮಾಡುವಂತೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಹೇಳಲಾಯಿತು. ಕೆಲವು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಂದ ಪಡೆದ ಉತ್ತರಗಳು ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಅವರು ಹೊಂದಿದ್ದ ತಪ್ಪು–ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳಿಂದಲೇ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದ್ದವು. ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿ– Aಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯ ಮಾತ್ರ ಕುರ್ಚಿ– Bಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಎರಡನೇ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿ– A ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ– B ಇಬ್ಬರೂ ಒಬ್ಬರು ಇನ್ನೊಬ್ಬರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದರು, ಆದರೆ ಈ ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದವು, ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳ ಪರಿಮಾಣ ಒಂದೇ ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ, ಮೊದಲನೇ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಕುರ್ಚಿ– B ಖಾಲಿಯಾಗಿದ್ದಿತು ಮತ್ತು ಎರಡನೇ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಆ ಕುರ್ಚಿ (ಕುರ್ಚಿ– B) ಚಲನೆಯಿಲ್ಲದ, ಹಾಗೂ ಕುರ್ಚಿ– A ಮೇಲಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯನಿಗಿಂತ ಭಾರವಾಗಿದ್ದ ಮನುಷ್ಯನಿಂದ ಆಕ್ರಮಿತವಾಗಿತ್ತು.

ಈ ಎರಡೂ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ನೀಡುವಾಗ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಬಲಕ್ಕೂ ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದರು. ಸಮಾಧಾನಕರವಾದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ,

ಈ ಉತ್ತರಗಳು ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದವು. ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಈ ವಿರೋಧಾಭಾಸಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಮರ್ಶಿಸತೊಡಗಿದರು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಈ ಎರಡೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಿಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು.

ಈ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಈ ಎರಡೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಅಥವಾ ವಿವರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಲಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳ ನಡುವೆ ಇದ್ದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು, ಲೇಖಕರು ಅವರಿಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮವನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಿದರು. ಭೂಮಿ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಉದಾಹರಿಸುತ್ತಾ ಲೇಖಕರು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರು ನಿಯಮಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧದ ಬಗ್ಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಗಮನ ಸೆಳೆದರು.

ಉತ್ತರ – 3: **ಮೊದಲನೆ ದೃಶ್ಯವನ್ನು** ಪ್ರಸ್ತುತ ಪಡಿಸಿದ್ದಾಗ, ಎರಡು ಬಾಟಲ್‌ಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಿದರು. ಅವರ ನಿರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಲು ಎರಡು ನೀರು ತುಂಬಿದ ಬಾಟಲಿಗಳಿಂದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಸೂಚನೆಯಂತೆ ಎರಡೂ ಬಾಟಲ್‌ಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಎತ್ತರದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಲಾಯಿತು. ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದಂತೆ, ಆ ಎರಡು ಬಾಟಲ್‌ಗಳು ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದವು.

ಎರಡನೇ ದೃಶ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತಾ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಗಿಂತ ಪರ್ಸ್ ವೇಗವಾಗಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಿದರು. ಈ ದೃಶ್ಯದ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆ ಈ ಪೂರ್ವಾನುಮಾನವನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿತು. ಈ ಅವಲೋಕನಕ್ಕೆ ಏನು ಕಾರಣ ಎಂದು ಕೇಳಿದಾಗ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಯ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಗಾಳಿಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದಾಗಿ ಅದು ನಿಧಾನವಾಗಿ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಸೂಚಿಸಿದರು.

ಮೂರನೇ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಲು ಒಂದು ನೋಟ್‌ಬುಕ್ಕನ್ನು ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿನದೇ ಒಂದು ಹಾಳೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಈ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರ ಒಂದೇ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ಖಚಿತಪಡಿಸಲಾಯಿತು. ನಂತರ ಈ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಮುಖ ಭಾಗಗಳನ್ನು ನೆಲಕ್ಕೆ ಸಮತಲವಾಗಿರುವಂತೆ ಹಿಡಿದು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಲಾಯಿತು. ಆಗ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ ನೋಟ್ ಬುಕ್‌ಗಿಂತ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿತು. ಹೀಗೆ ಏಕೆ ಆಯಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತಾ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ ಹಗುರವಾದುದರಿಂದ ಭಾರವಾಗಿದ್ದ ನೋಟ್ ಬುಕ್‌ನಂತೆ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮೀರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಲಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಆ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ಮುಖದ ಭಾಗವನ್ನು ನೆಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡು ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಿದಾಗ ಆ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ್ದವು.

ಉತ್ತರ – 4: 4ನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ (c) ಪರ್ಯಾಯದಲ್ಲಿರುವುದು. ಅಂದರೆ DH = DS. ಆದರೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೊಂದು ವೈವಿಧ್ಯತೆ ಕಂಡು ಬಂದುದು ಏಕೆ?

ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮದ ತಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಈ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು ಲೇಖಕರು ಗುಂಡುಗಳು ಟೇಬಲ್ಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟಾಗ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಬಲಗಳನ್ನು ಹೆಸರಿಸುವಂತೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಕೇಳಿದರು. ಕೆಲವು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲವನ್ನು ಹೆಸರಿಸಿದರೆ, ಓರ್ವ ಸಹಭಾಗಿ ಗುಂಡುಗಳು ಟೇಬಲ್ಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಉರುಳುತ್ತಿದ್ದಾಗಲೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಗುಂಡುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿತ್ತು ಎಂದು

ಭಾರವಾದ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾದ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ.

ಪ್ರಶ್ನೆ 3: ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ದೃಶ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಗಿದೆ. ಯಾವ ವಸ್ತು ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೇಗ ಬೀಳುತ್ತದೆ?

ದೃಶ್ಯ 1: ಒಂದು ಖಾಲಿ ಬಾಟಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ನೀರು ತುಂಬಿದ ಬಾಟಲಿ

ದೃಶ್ಯ 2: ಒಂದು ಪರ್ಸ್ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ

ದೃಶ್ಯ 3: ಒಂದು ನೋಟ್ ಬುಕ್ ಮತ್ತೊಂದು ಅದರಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಹಾಳೆ

ನೀವು ಯಾವ ಯಾವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಶ್ನೆ 4: ಎರಡು ಒಂದೇ ಗಾತ್ರದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗುಂಡುಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮತಲವಾಗಿರುವ ಟೇಬಲ್ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗುಂಡು ಟೊಳ್ಳಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಇನ್ನೊಂದು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿದೆ. ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಗುಂಡು ಟೊಳ್ಳಾಗಿರುವ ಗುಂಡಿಗಿಂತ 10 ಪಟ್ಟು ಭಾರವಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡೂ ಗುಂಡುಗಳು ಟೇಬಲ್‌ನ ಅಂಚಿನಿಂದ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಟೊಳ್ಳಾದ ಗುಂಡು ಟೇಬಲ್‌ನ ತಳದಿಂದ DH ಸಮತಲೀಯ ದೂರದಲ್ಲಿ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಗುಂಡು ಟೇಬಲ್‌ನ ತಳದಿಂದ DS ದೂರದವರೆಗೆ ಸಮತಲೀಯವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕೆಳಗಿನ ಹೇಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಹೇಳಿಕೆ DH ಮತ್ತು DS ಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ?

a) DH > DS

b) DH < DS

c) DH = DS

ಉತ್ತರಗಳು: ಹದಿನೇಳು (65 ಪ್ರತಿಶತ) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಎ) ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಒಬ್ಬರು (4 ಪ್ರತಿಶತ) ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ತರ ಬಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದರು. ಎಂಟು (31 ಪ್ರತಿಶತ) ಮಂದಿ ಉತ್ತರ ಸಿ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು.

ನೀವು ಯಾವ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?

ವಾದಿಸಿದರು. ಪರ್ಯಾಯ ಎ) ಯನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡದ್ದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತಾ, ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಈ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಹಗುರವಾದ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎಸೆಯುವಾಗ ಆಗುವ ತಮ್ಮ ಅನುಭವದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ತಮ್ಮ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರು. ಒಂದೇ ಬಲ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಎಸೆದಾಗ ಹಗುರವಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಗಿಂತ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಅವರುಗಳು ವಾದಿಸಿದರು.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದರೂ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ತಮ್ಮ ನಿಲುವನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿದುದು ಆಸಕ್ತಿಪೂರ್ವ ವಿಷಯವಾಗಿತ್ತು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೀಳಿಸಿ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ತೋರಿಸಿದ್ದ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳು ಈ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಈ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸವಾಲು ಒಡ್ಡಲಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಸಮಾನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಗೆ ಬೀಳುತ್ತವೆಯೇ ವಿನಾ ಆ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಸಮಾನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲದಿಂದಲ್ಲ. ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಸಮಾನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಸಮಾನ ಬಲ ಎಂದು ತಪ್ಪಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಕೊಟ್ಟ ಉತ್ತರಗಳು ಬಲದ ಇನ್ನೂ ಮೂರು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತಂದವು. ಈ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟವಾಗಿದೆ.

1. ಲಂಬೀಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು ಚಲನೆಯ ದಿಶೆಯ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ.
2. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿವಿಧ ಬಲಗಳ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು (ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು) ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಲು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ.
3. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಲು ರಭಸದ ಬಲದ ಅಗತ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಉತ್ತರ – 5: ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಕೊಟ್ಟ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳು ವೈವಿಧ್ಯ ಪೂರ್ಣವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಆಸಕ್ತಿ

ರಭಸದ ವೇಗದಿಂದಾಗಿ ಚಲನೆ:

ಪ್ರಶ್ನೆ 5: **ಚಿತ್ರ 4**ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಬ್ಬ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿಯು ಒಂದು ಕ್ರಿಕೆಟ್ ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆಯುತ್ತಾಳೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ A, B ಮತ್ತು C ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬಲ(ಬಲಗಳು) ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿವೆ? ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗುವ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ದಯಮಾಡಿ ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಡಿ.

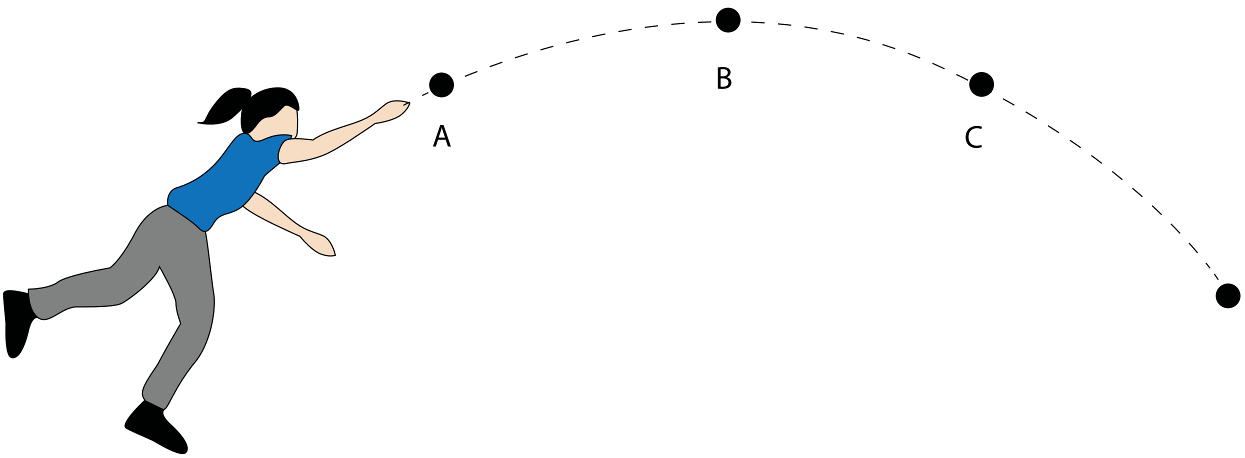
ನೀವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಉತ್ತರಿಸುವಿರಿ?

ಪೂರ್ಣವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದವು. ಎಲ್ಲಾ ಸಹ–ಭಾಗಿಗಳೂ ಎರಡು ರೀತಿಯ ಬಲಗಳು ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತೊಡಗಿದ್ದವು ಎಂದು ಹೇಳಿದರು. ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಹಾಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆಯುವಾಗ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಬಲ. ಕೆಲವರು ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ಚೆಂಡಿನ ನಡುವೆ ಉಂಟಾದ ಘರ್ಷಣೆ ಬಲವೂ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿತ್ತು ಎಂದು ಸರಿಯಾಗಿಯೇ ಹೇಳಿದರು.

ಆದರೆ ಬಿಂದುಗಳು B ಮತ್ತು C ಗಳಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಬಲಗಳ ಸ್ವರೂಪದ ಬಗ್ಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ವಿವಿಧ ನಿಲುವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಹತ್ತು (38 ಪ್ರತಿಶತ) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆದ ಬಲ ಬಿಂದು B ನಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ (0) ಆಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಚೆಂಡು ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲುಪುವ ಸಮಯಕ್ಕೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಮಾತ್ರ ಅದರ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರು. ಈ ಉತ್ತರಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಹದಿನಾರು ಮಂದಿ (62 ಪ್ರತಿಶತ) ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಎಸೆತದ ಬಲ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವವರೆಗೂ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ನಿಲುವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತ ಪಡಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಚೆಂಡಿನ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥದಲ್ಲಿ (ಟ್ರೆಜೆಕ್ಟರಿ) ಎಸೆತದ ಬಲ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಬಿಂದು Bಯಲ್ಲಿ ಎಸೆತದ ಬಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಿಂದು C ಯಲ್ಲಿ ಈ ಬಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ದುರ್ಬಲವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚೆಂಡನ್ನು ಬ್ಯಾಟ್ ಒಂದರಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥದ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ದೀರ್ಘಕಾಲ ಹೊಡೆತದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಕೇಳಲಾಯಿತು. ಎಲ್ಲಾ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಚೆಂಡು ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವವರೆಗೂ ಬಲ ಚೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸಿದರು. ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದ ವ್ಯಕ್ತಿ ಅದರೊಡನೆ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲವಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಹೇಳಿ, ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲಾಯಿತು. ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗಿನ ಬಲ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಚಲಿಸಿದ್ದರೆ ಚೆಂಡು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದವರೆಗೆ ಹೋದ ನಂತರ ಇನ್ನೂ ಮುಂದುವರೆಯದೆ ಏಕೆ ನಿಂತು ಹೋಯಿತು? ಮತ್ತು ಚೆಂಡಿಗೂ ಮತ್ತು ಬ್ಯಾಟಿಗೂ ಇದ್ದ ಸಂಪರ್ಕ ತಪ್ಪಿ ಹೋಗಿದ್ದರೂ ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಚಲಿಸಿತು?

ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸಲು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡದೆ ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆಯುವ ಸನ್ನಿವೇಶದ ಬಗ್ಗೆ ಚಿಂತಿಸಲು ಸಹಭಾಗಿಗಳನ್ನು ಕೇಳಲಾಯಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ರಹಿತ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆದಾಗ ಏನಾಗುತ್ತದೆ? ಆ ಚೆಂಡಿನ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥ ಹೇಗಿರುತ್ತದೆ? ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಈ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿ ಚೆಂಡು ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪೂರ್ವಾನುಮಾನ ಮಾಡಬಲ್ಲರು. ಇದು ಚಲನೆಯ ಜಡತ್ವದಿಂದಲೆ ಹೊರತು, ಹೊಡೆತದ ಬಲದಿಂದಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಆದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಇದ್ದಾಗ, ಚೆಂಡು ವಕ್ರ ರೀತಿಯ ಪಥವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ ಒಂದೇ ಒಂದು ಬಲ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆ ಬಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 4. ಓರ್ವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿಯು ಎಸೆದ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಬಲಗಳು ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ.
ಕೃಪೆ: ಸೌರವ್ ಶೋಮ್. ಲೈಸೆನ್ಸ್: CC-BY-NC

ಆದರೂ ಕೆಲವು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಈ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಅತೃಪ್ತರಾದುದು ಆಸಕ್ತಿಕರ ಅಂಶವಾಗಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಓರ್ವ ಸಹಭಾಗಿ, "ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವ ಯಾವುದೇ ಬಲ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಚೆಂಡು ಆ ವಿಕ್ಷೇಪ ಪಥವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ?" ಎಂದು ಕೇಳಿದರು.

ನಂತರ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಪ್ರಶ್ನೆ 3ಕ್ಕೆ ಮತ್ತೆ ತಿರುಗಿಸಲಾಯಿತು. ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ತಮ್ಮ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಏನೇ ಆಗಿರಲಿ ಒಂದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ನೆನಪಿಸಲಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಕೇಳಿದಾಗ, ಕೆಲವು ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಪ್ರಶ್ನೆ–3ರ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ಚೆಂಡುಗಳೂ ಎಸೆದ ಚೆಂಡು ಮತ್ತು ಬ್ಯಾಟಿನಿಂದ ಹೊಡೆದ ಚೆಂಡು ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಒಂದೇ ಸಮಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದರು. ಈ ಸೆಶನ್(ಸತ್ರದ) ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಬಲಗಳು ಜೊತೆಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಸ್ವತಂತ್ರ್ಯವಾಗಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುವ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೆಯ ನಿಯಮದ ಅರ್ಥವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಮನಗಾಣತೊಡಗಿದರು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಮೂರನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಉತ್ತರ ಪರಿಹಾರವಾಗದೇ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಯಿತು.

ತೀರ್ಮಾನ:

ವಿಜ್ಞಾನದ ಅನೇಕ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಬಲ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವೆನಿಸುತ್ತದೆ.

ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಜೊತೆಯಲ್ಲೇ ಹೋಗುವ ಸ್ಥಾಯೀಕೃತಗೊಂಡ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಎಂದೂ ಮತ್ತು ವಸ್ತುಗಳ ಗುಣಗಳು ಎಂದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಬಲವು ವಸ್ತುವಿನೊಂದಿಗೆ ಹೋಗುವುದೂ ಇಲ್ಲ ಹಾಗೂ ಸ್ಥಾಯೀಕೃತಗೊಳ್ಳುವುದೂ ಇಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಂಶಗಳನ್ನು ನೆನಪು ಮಾಡಿದಾಗಲೂ ಕೇವಲ ಈ ಹೇಳಿಕೆಗಳು ಸಹಭಾಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಲು ಸಾಕಾಗಲಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಸತ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದ್ದ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು ಶಕ್ತರಾಗಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಅಪೂರ್ಣತೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದರು. ಜಡತ್ವ ಮತ್ತು ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವರುಗಳು ಬಲ ಮತ್ತು ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದರು, ಈ ವಿಚಾರ ಪ್ರೇರಕ/ರಭಸದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದುದಾಗಿತ್ತು.

ಇದೇ ರೀತಿ ಬಲ ಹೇಗೆ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವುದು ಮಾತ್ರ ಗೆಲಿಲಿಯೋ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನರ ಯಂತ್ರ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ್) ಬಲದ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಲು ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ನೆಲದ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಸತ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷೀಕರಿಸಲು ವಿಸ್ತೃತ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದರೂ ಸಹ ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಅವು ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ ನಂತರದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಚಲಿಸುವ ದೂರವನ್ನು ಪ್ರಭಾವಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಆರಂಭದಲ್ಲಿನ ತಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಸಹಭಾಗಿಗಳು ಅಂಟಿಕೊಂಡೇ ಇದ್ದರು. ಅವರ ಈ ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಭೌತಿಕ ಗುಣಗಳು ಕನಿಷ್ಠ ಮೂರು ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ (a) ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಬಲ (b) ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಬಲ (c) ವೇಗ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ – ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸೀಕರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಸಹಭಾಗಿಗಳ ಅಸಮರ್ಥತೆಯಿಂದ ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡಿದ್ದವು.

ಶಿಕ್ಷಕರೊಂದಿಗೆ ನಡೆಸಿದ ಸಮೀಕ್ಷೆಯಿಂದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಸ್ಫೂರ್ತಿಯುತ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ಕಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗಬಹುದಾದ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಮಾರ್ಗವೆನ್ನಿಸಬಹುದು. ನಾವು ಅಂಥ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ದೃಷ್ಟಾಂತೀಕರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇವುಗಳನ್ನು ಅನೇಕ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ರಶ್ನೆ 1 ಮತ್ತು 2ರಲ್ಲಿನ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ, ಇತರ ಪ್ರಾತ್ಯೆಕ್ಷಿಕೆಗಳ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು

ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಬದಲಾವಣೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ತೂಕವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯನ್ನು ಕುರ್ಚಿ – Aಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯನ್ನು ಕುರ್ಚಿ – Bಯಲ್ಲಿ ಕೂರಿಸಿ ತೂಕವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಕುರ್ಚಿ – Bಯನ್ನು ತಳ್ಳುವುದಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಪ್ರತಿ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಸಮಾನವಾಗಿಸುವುದಾಗಿರಬಹುದು ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲೂ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಕ್ರಮಿಸಿದ ಪರಸ್ಪರ ದೂರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದಾಗಿರಬಹುದು. ಚರ್ಚೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರಬಹುದಾದ ಪರಿಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ತಪ್ಪುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಅನುಕ್ರಮವನ್ನು ಮತ್ತು ಮಧ್ಯೆ-ಮಧ್ಯೆ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪ್ರಶ್ನೆ-4ರ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಎತ್ತರಗಳಿಂದ ಟೊಳ್ಳು ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು ಬೀಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷೀಕರಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ನಿಮ್ಮ ಸರದಿ – ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಇಂದೇ ನಿಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮುಂದೆ ತೋರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ. ಅವರ ಉತ್ತರಗಳಿಂದ ನೀವು ಆಶ್ಚರ್ಯಚಕಿತರಾಗುವಿರಿ!

ಸೂಚನೆ: ಈ ಲೇಖನದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಕೃತಜ್ಞತೆ: ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಂಡ ಸ್ವತಂತ್ರ ಪತನ – ಟೋನಿ ಡ್ಯಾನ್‌ಬರಿ – ವಿಕಿಮೀಡಿಯ ಕಾಮನ್ಸ್ URL:https:/commons.wikimedia.org/wiki/File/Aff-Level-I-SkydiveLangaring.LicenseCC-BY

ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು: ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದ್ದ ಸಹಭಾಗಿಗಳಿಗೆ ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಷನ್ ನ ಉಧಮ್ ಸಿಂಗ್‌ನಗರದ ಜಿಲ್ಲಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿಜ್ಞಾನ ತಂಡದ ಸದಸ್ಯರಿಗೆ ಮತ್ತು ಅನಾಮಧೇಯ ಸಮೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಲೇಖಕರು ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಲೇಖನದ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಓದಲು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಟಣೆ ಮಾಡಲು ಯೋಗ್ಯವಾದುದನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ ಅವರಿಗೂ ಮತ್ತು ರಾಮ್‌ಜಿ ಅವರಿಗೂ ಲೇಖಕರು ಋಣಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

References

1. Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics, 50(1), 66-71.
2. Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. American Journal of Physics, 53(11), 1056-1065.
3. Rampal, A. (1995). Where the force is absent? Sandarbh, 3 (1), 19-33.
4. Trumper, R. (1995). The Need for Change in Elementary-school Teacher Training: The force concept as an example. Asia-Pacific Journal of Teacher Education, 26 (1), 7-25.
5. Shome, S. (2013). When objects fail to move despite force being exerted! Voices of Teachers and Teacher Educators, 2 (2), 38-43.
6. Jammer, M. (1962). Concepts of force. USA: Harper Torchbook.
7. Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. The Physics Teacher, 30 (3), 141 – 158.

ಸೌರವ್ ಶೋಮ್ – ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಷನ್‌ನಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸುವ ಇಮೇಲ್ ವಿಳಾಸ – saurav.shome@azimpremjifoundation.org ಅಥವಾ shomesaurav @gmail.com.

ಅನುವಾದ: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ನಿರ್ಮಲ ಜಿ.ವಿ.

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳು:
ಸಸ್ಯ ಕುಲಾಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಹರಿಕಾರರು

ಮೀನಾಕ್ಷಿ ಪಂತ್

ಸಸ್ಯಗಳು ತಳ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳಿಗೆ ಆಸರೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಜೀವಿಯನ್ನು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕಾಗಿ ತನ್ನತ್ತ ಸೆಳೆಯಲು ತರಹೇವಾರಿ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಜೀವಿಗಳ ವಿಕಾಸದಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಈ ತಂತ್ರಗಳು ಧರೆಯ ಜೀವಿಗಳ ಮೇಲೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತಿವೆ ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

"ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವಿಗಳು ಹಬ್ಬಿ ಹರಡಿದ್ದು ಪರಸ್ಪರ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿದ್ದರಿಂದಲೇ ಹೊರತು ಹೋರಾಟದಿಂದಲ್ಲ"
– ಲಿನ್ ಮಾರ್ಗುಲಿಸ್

ಪರಸ್ಪರ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಬದುಕುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಜೀವಿಗಳ ವಿಕಾಸವಾದದ್ದೇ ಹೊರತು ಉಳಿವಿಗಾಗಿನ ಹೋರಾಟದಿಂದ ಜೀವಿಗಳ ವಿಕಾಸವಾದದ್ದಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದು ವಿಕಾಸವಾದದ ಹೆಸರಾಂತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಲಿನ್ ಮಾರ್ಗುಲಿಸ್ ಅವರ ವಾದ. ಸಸ್ಯ ಹಾಗೂ ಪ್ರಾಣಿ ಸಂಕುಲಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಯೋಜನಕ್ಕಾಗಿ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆ ಎಂಬ ಉತ್ತಮ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ನಾವು ಆಕೆಯ ವಾದಕ್ಕೆ ಪುಷ್ಟಿಯಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು!

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಲೈಂಗಿಕವಾಗಿ ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಸಸ್ಯಗಳ ಬದುಕು ಹಾಗೂ ಸಂತಾನಾಭಿವೃದ್ಧಿಗೆ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆಯು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ. ಇಂತಹ ಸಸ್ಯಗಳು, ಬಲಿತ ಗಂಡು ಮತ್ತು ಹೆಣ್ಣು ಪ್ರಜನನ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಮಯ ಅಥವಾ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶದಲ್ಲಿ (ಅಥವಾ ಎರಡೂ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ) ಹೊಂದುವ ಮುಖಾಂತರ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ, ಸ್ವಯಂ-ಫಲಿತಗೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕೆಲವು ಜಾತಿಯ ಸಸ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಬಲಿತ ಗಂಡು ಹಾಗು

ಚಿತ್ರ 1. ಲಿನ್ ಮಾರ್ಗುಲಿಸ್

Source: Javier Pedreira, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lynn_Margulis_2005.jpg. License: CC-BY.

ಹೆಣ್ಣು ಪ್ರಜನನ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಅದೇ ಸಸ್ಯದ, ಇಲ್ಲವೇ ಬೇರೆ ಸಸ್ಯದ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪುಷ್ಪಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಹೀಗಿದ್ದಾಗ, ಒಂದು ಹೂವಿನ ಪರಾಗ ರೇಣುವು ಮತ್ತೊಂದು ಹೂವಿನ ಶಲಾಕಾಗ್ರದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗಲಷ್ಟೇ ಇಂತಹ ಸಸ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಅಂಡಾಣುವು ಫಲಿತಗೊಳ್ಳುವುದು. ಪರಾಗವನ್ನು ಒಂದು ಹೂವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸುವ ಮಾಧ್ಯಮ ಮಾತ್ರವೇ ಈ

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕುರಿತ ಮೊದಲ ಅಧ್ಯಯನಗಳು:

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವನ್ನು ಮಾಡುವ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಕುರಿತಾದ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನದ ಮೂಲವು ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿದೆ. ಜೋಸೆಫ್ ಗೋಟ್ಲಿಬ್ ಕೋಲ್‌ರ್ಯೂಟರ್ (1733–1806) ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿಯಂತೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ. ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶದ ಕುರಿತಾದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವರದಿಯನ್ನು Vorlaufige Nachricht ಎಂಬ ತಲೆಬರಹದಲ್ಲಿ 1761 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಈ ವರದಿಯು ವೈವಿಧ್ಯಮಯವಾದ, ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಂದಾಗುವ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ, ಹೂವುಗಳ ಲೈಂಗಿಕ ಗುಣ-ಲಕ್ಷಣಗಳು ಹಾಗು ಸಸ್ಯ ಸಂಕರಣಗಳ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಕೀಟಗಳಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಬೆಳೆಸಿದಾಗ ಫಲ ನೀಡಲು ವಿಫಲವಾದ ಸಸ್ಯಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಹಲವಾರು ಸರಣಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿರಿಸಿಕೊಂಡಿದೆ ಕೋಲ್‌ರ್ಯೂಟರ್‌ನ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವರದಿ.

ಸ್ಪ್ರೆಂಗೆಲ್ (1793), ವೋಗೆಲ್ (1996), ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಡಾರ್ವಿನ್ (1859), ಹರ್ಮನ್ ಮ್ಯೂಲ್ಲರ್ (1873) ಹಾಗೂ ಗ್ರಾಂಟ್ (1952) ಸೇರಿದಂತೆ ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ವಿವರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಕೋಲ್‌ರ್ಯೂಟರ್‌ನ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಎತ್ತಿಹಿಡಿದಿವೆ.

ಚಿತ್ರ 2. ಜೋಸೆಫ್ ಗೋಟ್ಲಿಬ್ ಕೋಲ್‌ರ್ಯೂಟರ್

Source: Materialscientist, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Josef_Gottlieb_Koelreuter.jpg. License: CC-BY.

ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸಬಲ್ಲದು. ಅಡ್ಡ-ಫಲೀಕರಣದ ಅತ್ಯಗತ್ಯ ಅಂಗಗಳಾದ ಈ ಮಾಧ್ಯಮಗಳನ್ನೇ ನಾವು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವುದು.

ಈಗಿನ ಅಂದಾಜಿನಂತೆ ಸುಮಾರು ಎರಡು ಲಕ್ಷಗಳಷ್ಟು ಪ್ರಾಣಿ ಸಂಕುಲವು ಶೇಕಡಾ 75ರಷ್ಟು ಹೂ ಬಿಡುವ ಸಸ್ಯಗಳ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತವೆ! ಕೀಟಗಳಿಂದ ಪಕ್ಷಿಗಳವರೆಗೆ ಮತ್ತು ಸರೀಸೃಪಗಳಿಂದ ಸಸ್ತನಿಗಳವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರ ಹಾಗೂ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಈ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳು ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಸಸ್ಯಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಗೆಯ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಯನ್ನು ತಮ್ಮತ್ತ ಸೆಳೆಯಲು ತರಹೇವಾರಿ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡಿರುವುದು ಕೌತುಕದ ವಿಷಯವೇನಲ್ಲ. ತೀಕ್ಷ್ಣ ದೃಷ್ಟಿಯ ಜೀವಿಗಳಿಗಾಗಿ ಹೊಳೆಯುವ ವರ್ಣಗಳನ್ನೂ, ಆ ಶಕ್ತಿಯಿಲ್ಲದ ಜೀವಿಗಳಿಗಾಗಿ ಸುವಾಸನೆಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಇಂತಹಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಸಹಲಕ್ಷಣಗಳೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಹೂ ಬಿಡುವ ಸಸ್ಯ ಹಾಗು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳ ಈ ರೀತಿಯ ಜೊತೆ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿನ ವಿಕಾಸವು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಮತ್ತು ನೈಪುಣ್ಯತೆಯ ವಿಶೇಷ ಉದಾಹರಣೆ. ಎರಡು ವಿಭಿನ್ನ ಜೀವಿಗಳ ಗುಂಪಿನ ಒಡನಾಟವು ಯಾವ ರೀತಿ ಜೀವ ವೈವಿಧ್ಯತೆಗೆ ತಳಹದಿಯಾಗಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಇದು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ.

ಬನ್ನಿ, ಪರಸ್ಪರ ಅವಲಂಬಿತವಾದ ಪರಾಗ-ದಾನಿ ಮತ್ತು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಗಳ ಸಂಬಂಧವು ಅವುಗಳ ಬದುಕಿಗೆ ಹೇಗೆ ಆಕಾರ ನೀಡಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಹಲವಾರು ಕುತೂಹಲಕರ ಉದಾಹರಣೆಗಳೊಂದಿಗೆ ನೋಡೋಣ.

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿ ಕೀಟಗಳು

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿ ಜೀವಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೀಟಗಳು ಬಹುದೊಡ್ಡ ಪಾಲನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

ಜೋಸೆಫ್ ಗೋಟ್ಲಿಬ್ ಕೋಲ್‌ರ್ಯೂಟರ್ (Joseph Gottlieb Kolreuter) ಹೇಳಿದಂತೆ "ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆಯೆಂಬ ಅಸಾಮಾನ್ಯ ಕೈಂಕರ್ಯದ ಮುಖಾಂತರ ಕೀಟಗಳು ಸಸ್ಯಗಳೊಂದಿಗೆ ಅಸಂಖ್ಯಾತವಾದ ತಮ್ಮದೇ ಕುಲಕ್ಕೂ ಉಪಕಾರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ". ಜೇನು

ಜೊತೆ-ಜೊತೆಗಿನ ವಿಕಾಸವಾದ:

ಚೂಪಾದ ಉದ್ದನೆಯ ಕೊಳವೆಯಂತಹ ರಚನೆಯನ್ನುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿಧದ ಮಡಗಾಸ್ಕರ್ ಆರ್ಕಿಡ್ *(Angraecum sesquipedale)* ಹೂವಿನ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವು ಉದ್ದನೆಯ ನಾಲಿಗೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಗಿಡುಗಪತಂಗದಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಸಾಧ್ಯ ಎಂದಿದ್ದ ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಡಾರ್ವಿನ್ ಜೊತೆ-ಜೊತೆಗಿನ ವಿಕಾಸವಾದದ ರೂವಾರಿ. ನಿಸರ್ಗವಾದಿ ಆಲ್ಫ್ರೆಡ್ ವಾಲೇಸ್ ಹಾಗೂ ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಡಗಾಸ್ಕರ್‌ನಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಯಾದ ಉದ್ದ ನಾಲಿಗೆಯ ಗಿಡುಗಪತಂಗವು ಡಾರ್ವಿನ್ನನ ವಾದಕ್ಕೆ ಪುಷ್ಟಿ ನೀಡಿತು.

ಚಿತ್ರ 3. ಥಾಮಸ್ ವಿಲಿಯಮ್ ವುಡ್ ಆಲ್ಫ್ರೆಡ್ ರಸ್ಸೆಲ್ ವಾಲೇಸ್‌ನ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ರಚಿಸಿದ, *Angraecum sesquipedale* ಆರ್ಕಿಡ್ ಅನ್ನು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೈಯುತ್ತಿರುವ ಪತಂಗದ ಚಿತ್ರ; ಅಚ್ಚರಿದಾಯಕವೆನ್ನುವಂತೆ, 1867ರಲ್ಲಿಯೇ ಈ ಚಿತ್ರವು ರಚನೆಯಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ ಈ ಪತಂಗವು ಪತ್ತೆಯಾಗಿದ್ದು ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿ!

Source: Wallace, Alfred Russel (October 1867). "Creation by Law". The Quarterly Journal of Science 4 (16): p. 470. London: John Churchill & Sons. Retrieved on 2009-07-30. Uploaded by Dmitriy Konstantinov, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Wallacesesquipedale.jpg. License: CC-BY.

ನೊಣ, ಪಾತರಗಿತ್ತಿ, ಪತಂಗ, ದುಂಬಿ, ಕಣಜದ ಹುಳು, ಸೊಳ್ಳೆ–ನೊಣದ ಜಾತಿಯ ಜೀವಿಗಳು ಮತ್ತು ಇರುವೆಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಜೀವಿಗಳು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶದ ಪ್ರಯೋಜನವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ಸಾವಿರಕ್ಕೂ ಮಿಕ್ಕಿರುವ ಪ್ರಭೇದದ ಜೇನು ನೊಣಗಳು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶದ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಜೀವಿಗಳು. ತಮ್ಮ ಪ್ರಧಾನ ಆಹಾರವಾದ ಹೂವಿನ ಮಕರಂದದೊಂದಿಗೆ ತಮ್ಮ ಮರಿಗಳಿಗೋಸ್ಕರ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಪರಾಗಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಜೇನು ನೊಣಗಳು ಸಸ್ಯಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ತಾವು ಭೇಟಿ ಕೊಡುವ ಹೂವಿನ ಇರುವಿಕೆ, ಬೇರೆ ಹೂವಿನಿಂದ ಹೊರತಾಗಿರುವ ವಿಶೇಷತೆ ಹಾಗೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಚರ್ಯೆಯನ್ನು ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವ ಜೇನು ನೊಣಗಳು ತಾವು ಬುದ್ಧಿವಂತರೆನ್ನುವುದನ್ನು ಸಾಬೀತು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಪ್ರತೀ ಭೇಟಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಜೇನು ನೊಣಗಳು ತಮ್ಮ ದೇಹವನ್ನು ಹೂವಿನ ಪರಾಗಕೋಶಕ್ಕೆ ಉಜ್ಜುತ್ತವೆ. ಜೇನು ನೊಣದ ಹಿಂಗಾಲಿನ ದಟ್ಟ ರೋಮದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಾಗ ಚೀಲಕ್ಕೆ ಮೆತ್ತಿಕೊಳ್ಳುವ ಪರಾಗರೇಣುಗಳು ಜೇನು ನೊಣವು ಮುಂದೆ ಭೇಟಿ ಕೊಡುವ ಹೂವಿಗೆ ಸ್ಥಳಾಂತರಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಜೇನು ನೊಣಗಳಿಂದ ಫಲಿತಗೊಳ್ಳುವ ಸಸ್ಯಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮತ್ತ ಸೆಳೆಯಲು ಹಲವು ಬಗೆಯ ಆಕರ್ಷಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು

ಚಿತ್ರ 4. ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಜೇನು ನೊಣದ ಹಿಂಗಾಲ ಮೇಲಿರುವ ಪರಾಗ ಬುಟ್ಟಿ.

Source: Fifamed, Wikimedia Commons. URL: https:// commons.wikimedia.org/wiki/ File:Honeybee_pollen_basket.JPG. License: Public Domain.

ಚಿತ್ರ 5. ಜೇನು ನೊಣಗಳ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸುವ, *Potentilla reptans* ಎಂಬ ಸಸ್ಯದ ಹೂವಿನ ಮೇಲಿನ ಅತಿ ನೇರಳೆ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಮಕರಂದದ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿ ಚಿಹ್ನೆಗಳು.

Source: Wiedehopf20, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Flower_in_UV_light_Potentilla_reptans.jpg. License: CC-BY-SA.

ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಜೇನು ನೊಣಗಳು ತಮ್ಮ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಗೆ ಆಘ್ರಾಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಇಂತಹಾ ಸಸ್ಯಗಳ ಹೂವುಗಳು ಗಾಢ ವಾಸನೆಯನ್ನು ಸೂಸುತ್ತವೆ. ಜೊತೆಗೆ ಅಚ್ಚ ಹಳದಿ ಅಥವಾ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಹೂವುಗಳು ಬಹು ದೂರದಿಂದಲೂ ಜೇನು ನೊಣಗಳನ್ನು ತಮ್ಮತ್ತ ಸೆಳೆಯುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಹಸಿರು, ನೀಲಿ ಹಾಗು ಅತಿ ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣದ ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂವೇದಿಯಾಗಿರುವ ಪಿಗ್ಮೆಂಟ್‌ಗಳನ್ನು ಕಣ್ಣಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ, ತ್ರಿವರ್ಣ ದೃಷ್ಟಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಜೇನು ನೊಣಗಳು ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾರವು (ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವು ಅವುಗಳಿಗೆ ಕಪ್ಪಾಗಿ ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ). ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಹೂವಿನ ಪ್ರಭೇದಗಳು ಜೇನು ನೊಣಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಂದಿಳಿಯಲು ಅಗಲವಾದ ಕೆಳ ಹೂ ದಳಗಳನ್ನು ಕೊಡಮಾಡುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಜೇನು ನೊಣಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವಾಗುವ ಹೂವುಗಳ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಬಹುಪಾಲು ತ್ರಿಜ್ಯೀಯವಲ್ಲದ ದ್ವಿಪಕ್ಷೀಯ ಸಮರೂಪತೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಬಹುಪಾಲು ಹೂವುಗಳು ಅತಿ ನೇರಳೆ ಬೆಳಕಿಗೆ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ರೇಖೆ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದೋ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವ ಮೂಲಕ ಜೇನು ಹುಳುಗಳಿಗೆ ಮಧು ಅಥವಾ ಮಕರಂದದ ಇರುವಿಕೆಯ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿಯನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಗುರುತುಗಳು ಜೇನ್ನೊಣಗಳಿಗೆ ದಾರಿ ತೋರಿಸಲೆಂದೇ ವಿಕಾಸಗೊಂಡಿದ್ದೇನೋ ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ; ನಿಜವಾಗಿ ನೋಡುವುದಾದರೆ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಹೂವು, ತಾನು ಬಯಸಿದೆಡೆ ಜೇನ್ನೊಣದ ಸಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸುತ್ತದೆ! ಜೇನು ನೊಣಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವಾಗುವ ಹೂವುಗಳು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಕರಂದ ಹಾಗು ಪರಾಗವನ್ನು ತಮ್ಮ ಅಭ್ಯಾಗತರಿಗೆ ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ಜೇನು ನೊಣಗಳ ಒಂದು ಕುಟುಂಬವು ಒಂದು ವರ್ಷಕ್ಕೆ 28 ಕೇಜಿಗೂ ಮಿಕ್ಕಿ ಪರಾಗವನ್ನು ವಸ್ತುಶಃ ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತದೆ.

ಜೇನು ನೊಣಗಳು ಜನರ ಬಾಯಲ್ಲಿ ನಲಿಯುತ್ತಿರುವ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಜೀವಿಯಾಗಿದ್ದರೂ ದುಂಬಿಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸಂಪಿಗೆ ಹಾಗೂ ಸ್ಪೈಸ್‌ಬುಷ್ ಕುಟುಂಬವನ್ನೊಳಗೊಂಡಂತೆ ಶೇಕಡಾ 85 ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಹೂಬಿಡುವ ಸಸ್ಯಗಳ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿವೆ. ದುಂಬಿಗಳ ದೃಷ್ಟಿ ಶಕ್ತಿಯು ಅಷ್ಟೇನೂ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೊಳ್ಳುವ ಹೂವುಗಳು ಬಿಳಿ ಇಲ್ಲವೇ ಪೇಲವ ವರ್ಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ದುಂಬಿಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೊಳ್ಳುವ ಕೆಲ ಹೂವುಗಳು ಮಕರಂದವನ್ನೇ ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದಿಲ್ಲ; ಇಂತಹ ಹೂವುಗಳು ದುಂಬಿಗಳಿಗೆ ತಮ್ಮಲ್ಲಿನ ಪರಾಗವನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೇ ಪುಷ್ಪದಳಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರಗೊಂಡ ಆಹಾರವನ್ನೋ ತಿನ್ನಿಸುತ್ತವೆ. ಪುಷ್ಪದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಗಮ್ಯವನ್ನು ತಲುಪುವ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ ದುಂಬಿಗಳು ಸಿಕ್ಕಿದ್ದನ್ನೆಲ್ಲ ತಿನ್ನುತ್ತಾ, ಅಲ್ಲಲ್ಲೇ ಮಲ ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತಾ ಸಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ದುಂಬಿಗಳಿಗೆ 'ಮಲಿನಕಾರಿ' ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಗಳೆಂಬ ಅಡ್ಡ ಹೆಸರಿದೆ.

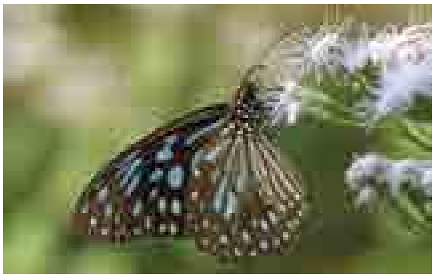
ಬಣ್ಣ–ಬಣ್ಣದ ಅತ್ಯಾಕರ್ಷಕ ದೇಹವನ್ನೊಳಗೊಂಡು ಹೂಗಳ ಮೇಲೆ ಹಾರಾಡುವ ಪಾತರಗಿತ್ತಿಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ನೋಡಲು ಹಬ್ಬವಾದರೂ ಹೂವಿನಿಂದ ಹೂವಿಗೆ ಪರಾಗವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಜೇನು ನೊಣಗಳಷ್ಟು ಸಮರ್ಥ ಜೀವಿಗಳಲ್ಲ. ಪಾತರಗಿತ್ತಿಗಳು ಪರಾಗವನ್ನು ಶೇಖರಿಸಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಯಾವುದೇ ವಿಶೇಷ ದೇಹ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿಲ್ಲ; ಉದ್ದ ಕಾಲ್ಗಳ ಮೇಲೆ ಚಾಚಿಕೊಂಡಿರುವ ಸಪೂರ ದೇಹಕ್ಕೂ ಪರಾಗ ರೇಣುಗಳು ಅಷ್ಟಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಪಾತರಗಿತ್ತಿಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಚ್ಚ ಹಳದಿ, ನೀಲಿ ಅಥವಾ ಕೇಸರಿ ಬಣ್ಣ ಹಾಗೂ ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದ ಹೂವುಗಳ ಮೇಲೆ ಮಕರಂದಕ್ಕಾಗಿ ಹಾರಾಡುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಮಕರಂದವು ಚೂಪಾದ ಕೊಳವೆಯಂತಹ ಉದ್ದನೆಯ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ

ಚಿತ್ರ 6. ದುಂಬಿಗಳಿಂದಾಗುವ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ – *Encelia californica* ಎಂಬ ಸಸ್ಯದ ಹೂವಿನ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಸೆಗಣಿ ದುಂಬಿ.

Source: Marshal Hedin (uploaded by Jacopo Werther), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scarab_beetle_on_Encelia_californica_(3376142862).jpg. License: CC-BY.

ಕೊಳವೆಯಂತೆ ಒಟ್ಟಾಗಿರುವ ದಳಗಳ ಬುಡದಲ್ಲಿಯೋ ಇದ್ದು ಸೊಂಡಿಲುಗಳ ರೀತಿ ಉದ್ದನೆಯ ಬಾಯಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪತಂಗ ಹಾಗೂ ಪಾತರಗಿತ್ತಿಯಂತಹ ಜೀವಿಗಳಿಗಷ್ಟೇ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಚಂದ್ರ ಅಥವಾ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕಲ್ಲಿ ಹೊಳೆಯುವ, ಅಂಧಕಾರದಲ್ಲಿ ಅರಳುವ ಬೆಳ್ಳಗಿನ ಅಥವಾ ಪೇಲವ ವರ್ಣದ ಹೂವುಗಳ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವನ್ನು ರಾತ್ರಿಯ ಹೊತ್ತು ಹಾರಾಡುವ ಪತಂಗಗಳು ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ನೊಣವೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಕಿರಿದಾದ ನಾಲಿಗೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಇನ್ನಿತರೆ ಕೀಟಗಳು ಕೊಳೆತ ಮಾಂಸದ ವಾಸನೆ ಬೀರುವ ಆಫ್ರಿಕಾದ ಸ್ಟಾಪೇಲಿಯಾಸ್ (Stapelias) ಎಂಬ ಜಾತಿಯ ಹೂವಿನ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಮಾಂಸದಂತೆ ಪೇಲವ ಕೆಂಪು ಅಥವಾ ಕಂದು ಬಣ್ಣದ, ಕಟು ವಾಸನೆಯನ್ನು



ಚಿತ್ರ 7. ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಕಡು ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ವ್ಯಾಘ್ರ ಪಾತರಗಿತ್ತಿ.

Source: Jeevan Jose (Jkadavoor), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dark_Blue_Tiger_tirumala_septentrionis_by_kadavoor.JPG. License: CC-BY-SA.

ಚಿತ್ರ 8. ರಾತ್ರಿ ಹಾರಾಡುವ ಪತಂಗಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ – ದತ್ತೂರ *(Datura wrightii)* ಹೂವಿನಲ್ಲಿ ಆಹಾರವನ್ನರಸುತ್ತಿರುವ ಕೆರೋಲಿನಾ ಸಿಂಹಮುಖಿ ಪತಂಗ *(Manduca sexta).*

Source: Kiley Riffell Photography. For use with credit by Henry Art Gallery. URL: https://www. flickr.com/photos/115381928@N03/14255320758.License: CC-BY-NC.

ಬೀರುವ ಇವುಗಳನ್ನು ಕೊಳೆತ ಮಾಂಸದ ಹೂವುಗಳೆಂದೇ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಮೂವತ್ತೈದು ಸಾವಿರಕ್ಕೂ ಮಿಕ್ಕಿರುವ ಆರ್ಕಿಡ್ ಪ್ರಭೇದಗಳು ಈ ಮೇಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶೀ ಕೀಟಗಳಿಂದ ಸಂದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಬಹಳಷ್ಟು ಆರ್ಕಿಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಪರಾಗ ರೇಣುಗಳು ಪೋಲಿನಿಯಾ ಎನ್ನುವ ಸಣ್ಣ ಚೀಲದಂತಹ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಪೋಲಿನಿಯಾಗಳ ಬುಡದಲ್ಲಿ ಅಂಟಾದ ಪಟ್ಟಿಯೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಕೀಟಗಳು ಅಂತಹಾ ಹೂವುಗಳನ್ನು ಸಂದರ್ಶಿಸಿದಾಗ ಅವುಗಳ ತಲೆಗಳಿಗೆ ಅಂಟಾದ ಪೋಲಿನಿಯಾವು

ಚಿತ್ರ 9. ನೊಣಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ *Stapelia gigantea* ಎಂಬ ಸಸ್ಯದ ಹೂವು.

Source: Ton Rulkens, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stapelia_gigantea_-_fly_pollination_(5587930978).jpg. License: CC-BY-SA

ಮೆತ್ತಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅಂಟು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಒಣಗಿ ಹೋಗುವುದರಿಂದ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ತಲೆಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಆರ್ಕಿಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಹೂವಿನಲ್ಲಿನ ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿನಂತಹ ಪ್ರಚೋದಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕೀಟಗಳ ದೇಹಕ್ಕೆ ಬಲವಾಗಿ ತಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಉತ್ತರ ಆಫ್ರಿಕಾ ಹಾಗು ಯುರೋಪ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಓಫ್ರಿಸ್ (Ophrys) ಎಂಬ ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಆರ್ಕಿಡ್‌ಗಳು ಹೆಣ್ಣು ಕಣಜ ಜೇನು ಅಥವಾ ಕಣಜದಂತಿರುವ ಪುಷ್ಪ ದಳಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಹೆಣ್ಣಿಗಿಂತ ಮೊದಲೇ ಕೋಶಾವಸ್ಥೆಯ ಪೊರೆಯಿಂದ ಹೊರ ಬರುವ ಗಂಡು ಕಣಜ ಜೇನು ಅಥವಾ ಕಣಜಗಳು ಆರ್ಕಿಡ್ ಹೂವುಗಳನ್ನು ಹೆಣ್ಣೆಂದೇ ಭ್ರಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಭ್ರಮೆಯಲ್ಲೇ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಕೂಡುವ ಪ್ರಯತ್ನ ನಡೆಸುವಾಗ ಅಂಟಾದ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಅವುಗಳ ತಲೆಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆ ಕೀಟಗಳು ಬೇರೊಂದು ಹೂವಿಗೆ ಭೇಟಿ ನೀಡಿದಾಗ ಅವುಗಳ ತಲೆಗಂಟಿದ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಇನ್ನೊಂದು ಹೂವಿನ ಅಂಟಾದ ಶಲಾಕಾಗ್ರಕ್ಕೆ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಪ್ರತೀ ಭೇಟಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಯ ತಲೆಯಿಂದ ಶಲಾಕಾಗ್ರಕ್ಕೆ ಸ್ಥಳಾಂತರಗೊಂಡ ಒಂದು ಹೂವಿನ ಪೋಲಿನಿಯಾವನ್ನು ಬೇರೊಂದು ಹೂವಿನ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಭರ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಪಾತರಗಿತ್ತಿ ಹಾಗು ಪತಂಗಗಳಿಂದ ಫಲಿತಗೊಳ್ಳುವ ಆರ್ಕಿಡ್ ಪ್ರಭೇದಗಳಲ್ಲಿ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಅಂಟಾದ ಮಾಲೆಯಂತಹಾ ರಚನೆಗಳಿಂದ ಉದ್ದನೆಯ ಸೊಂಡಿಲಿನಂತಹ ಬಾಯಿಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 10. ಮಿಥ್ಯಾ ಸಂಭೋಗದಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಜೇನು ಆರ್ಕಿಡ್ ಅಥವಾ Ophrys speculum.

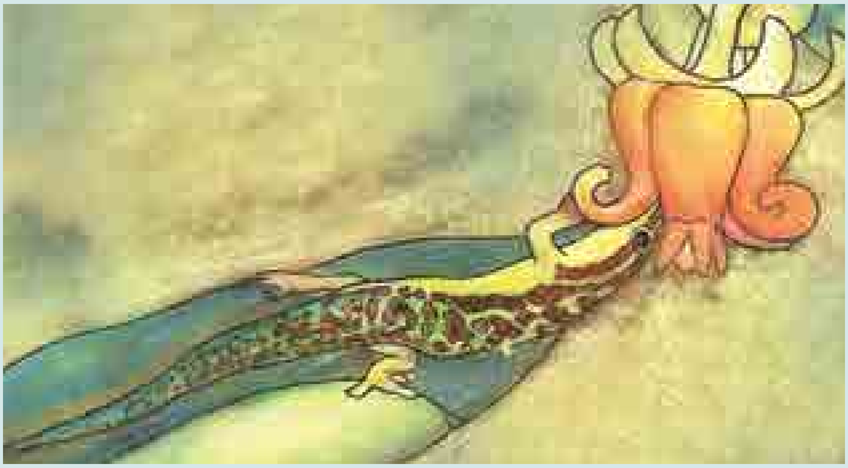
Source: Carsten Niehaus, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ophrys_speculum_d.JPG. License: CC-BY-SA.

ವಿಲಕ್ಷಣ ಎನಿಸುವಂತಹ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆಗೂ ಆರ್ಕಿಡ್ ಪುಷ್ಪಗಳು ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿವೆ. ಜವುಗು ನೆಲದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುವ ಒಂದು ಆರ್ಕಿಡ್ ಪ್ರಭೇದದಲ್ಲಿ ಪೋಲಿನಿಯಾವು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಯಾದ ಹೆಣ್ಣು ಸೊಳ್ಳೆಗಳ ಕಣ್ಣುಗಳಿಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಹೆಣ್ಣು ಸೊಳ್ಳೆಯ ಹೂವಿನ ಭೇಟಿ ಜಾಸ್ತಿಯಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಅದರ ಕಣ್ಣು ಪೋಲಿನಿಯಾದಿಂದ ಕುರುಡಾಗುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೊಂದು ವಿಲಕ್ಷಣ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ, ಆರ್ಕಿಡ್ ಹೂವಿನ ನೀರಿನಂತಹ ಸ್ರಾವದಲ್ಲಿ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಗಳು ಮುಳುಗಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರ ಬರುವ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ಕಿರಿದಾದ ಹಾದಿಯನ್ನು ತೆವಳಿಕೊಂಡು ಕ್ರಮಿಸುವುದು; ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಕೀಟದ ದೇಹವು ಪೋಲಿನಿಯಾ ಹಾಗು ಶಲಾಕಾಗ್ರಕ್ಕೆ ತಾಗಿಕೊಂಡೇ ಹೋಗುವಂತೆ ಹೂವಿನ ಭಾಗಗಳ ರಚನೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಆರ್ಕಿಡ್‌ಗಳು ಅಮಲು ಬರಿಸುವ ಪರಿಮಳಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಗಳನ್ನು ಚಿತ್ತಾಗಿಸಿ, ಅವುಗಳ ದೇಹಕ್ಕೆ ಪೋಲಿನಿಯಾವನ್ನು ಅಂಟಿಸುತ್ತವೆ. ಪೋಲಿನಿಯಾಗಳನ್ನು ಕೀಟಗಳಿಗೆ ದಾಟಿಸಿಯಾದ ಕೂಡಲೇ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಹೂಗಳ ವಾಸನೆ ಮಸುಕಾಗುತ್ತದೆ. ನಶೆಯಿಳಿದು ವಾಸ್ತವಕ್ಕೆ ಮರಳುವ ಕೀಟವು ಅಲ್ಲಿಂದ ಹಾರಿ ಹೋಗುವಾಗ ತನ್ನೊಂದಿಗೆ ಪೋಲಿನಿಯಾವನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 11. ಸೊಳ್ಳೆಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಜವುಗು ನೆಲದ ಆರ್ಕಿಡ್‌ಗಳು.

ಅಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಗಳು:

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶದಲ್ಲಿ ಹಲ್ಲಿಗಳ ಪಾತ್ರವು ಇತ್ತೀಚೆಗಷ್ಟೇ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ವಿವರವಾದ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಸಂಗತಿಯೇನೆಂದರೆ ಕೆಲವು ದ್ವೀಪಗಳಲ್ಲಿನ ಸಸ್ಯ ಪ್ರಭೇದಗಳ ಉಳಿವಿನಲ್ಲಿ ಹಲ್ಲಿಗಳಿಂದಾಗುವ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವು ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ವೀಪಗಳಲ್ಲಿನ ಅತಿ ಸಾಂದ್ರವಾಗಿರುವ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಹಲ್ಲಿ ಪ್ರಭೇದ, ಅಭಾವವಿಲ್ಲದ ತಿನ್ನಬಹುದಾದ ಹೂವಿನ ಭಾಗಗಳು ಮತ್ತು ಮುಖ್ಯ ನೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುವ ಹಲ್ಲಿ ಪ್ರಭೇದಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ತೀರಾ ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅವುಗಳ ಭಕ್ಷಕ ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರೋಟೀನು ತೀರಾ ವಿರಳವಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡಾ ದ್ವೀಪವಾಸಿ ಹಲ್ಲಿಗಳು ಹಲವಾರು ವಿಧದ ಹೂವಿನ ಮಕರಂದವನ್ನು ಕುಡಿಯುತ್ತವೆ ಹಾಗು ಹಣ್ಣಿನ ತಿರುಳನ್ನು ತಿನ್ನುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 12. ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಹಲ್ಲಿ.

ನ್ಯೂಝಿಲ್ಯಾಂಡ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಿಧದ ಹಲ್ಲಿಯು (Hoplodactylus geckos) ಹೂವಿನ ಮಕರಂದಕ್ಕಷ್ಟೇ ಆಕರ್ಷಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆಯೇ ಹೊರತು ಪರಾಗಕ್ಕಲ್ಲ. ಆಘ್ರಾಣ ಶಕ್ತಿಯು ಮೊನಚಾಗಿರುವ ಹಲ್ಲಿಗಳಿಗೆ ಹೂವಿನ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಸುವಾಸನೆ ಮತ್ತೊಂದು ಆಕರ್ಷಣೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಹೂವುಗಳು ಹಲ್ಲಿಯು ತಿನ್ನುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ಭಾರವನ್ನು, ಓಡಾಟವನ್ನು ತಡೆಯಬಲ್ಲಷ್ಟು ಧೃಡವಾಗಿರಬೇಕಾದ್ದು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ.

ಭಾರತ ಉಪಖಂಡದ ಕೆಲ ದ್ವೀಪಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ *Phelsuma* geckos ಎಂಬ ಹಲ್ಲಿ ಹಾಗು ಕೆಲವು ಸಸ್ಯ ಪ್ರಭೇದಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಕೀರ್ಣವಾದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆಯು ಈ ಜೀವಿಗಳು ಜೊತೆ-ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ವಿಕಸಿತವಾಗಿರಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಮಾರಿಷಸ್‌ನಲ್ಲಷ್ಟೇ ಕಾಣ ಸಿಗುವ, ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದ ಮಕರಂದವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ *Nesocodon mauritianus* ಮತ್ತು *Trochetia boutoniana* ಎಂಬ ಸಸ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಹಳದಿ ಬಣ್ಣದ ಮಕರಂದವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ *Trochetia blackburniana* ಎಂಬ ಸಸ್ಯಗಳು ತಮ್ಮ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಮಕರಂದದಿಂದಲೇ *Phelsuma geckos* ಹಲ್ಲಿಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಹಲ್ಲಿಗಳೂ ಕೂಡಾ ವರ್ಣ ರಹಿತವಾದ ಮಕರಂದಕ್ಕಿಂತಾ ಬಣ್ಣದ ಮಕರಂದದ ಕಡೆಗೇ ಹೆಚ್ಚು ಆಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಓಲೆಸನ್ ಮತ್ತು ಸಂಗಡಿಗರ ತಂಡವು 1998ರಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಿತು.

ಪಕ್ಷಿಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆ

ಪಕ್ಷಿಗಳಿಗೆ ವಾಸನೆ ಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿ ಅಷ್ಟಿರದಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅದ್ಭುತವೆನ್ನಬಹುದಾದ ದೃಷ್ಟಿಶಕ್ತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ವಾಸನೆ ರಹಿತ ಅಥವಾ ಅತ್ಯಲ್ಪ ವಾಸನೆಯಿರುವ ಅಚ್ಚ ಕೆಂಪು ಅಥವಾ ಹಳದಿ ಬಣ್ಣದ ಹೂವುಗಳಿಗೆ ಪಕ್ಷಿಗಳು ಭೇಟಿ ನೀಡುತ್ತವೆ. ಪಕ್ಷಿಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಗೊಳ್ಳುವ ಹೂವುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದೊಡ್ಡದಾಗಿ, ಗೊಂಚಲುಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ ಹಾಗು ಹಲವಾರು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಸ್ಯಗಳ ಕಾಂಡದ ಮೇಲೆ ಅರಳುತ್ತವೆ. ಅಂತಹಾ ಹೂವುಗಳೂ ಕೂಡಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಕರಂದವನ್ನು ಹೂವಿನ ಉದ್ದನೆಯ ಕೊಳವೆಯಂತಹ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಹೀಗಾಗಿ ಕೀಟಗಳಿಗೆ ಅಲಭ್ಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಆಫ್ರಿಕಾದ ಸೂರ್ಯ ಪಕ್ಷಿ (Sun Bird) ಹಾಗು ಅಮೇರಿಕೆಯ ಝೇಂಕಾರದ ಪಕ್ಷಿಗಳು ತಾವು ಭೇಟಿ ನೀಡುವ ಹೂವಿಗನುಸಾರವಾಗಿ ತಮ್ಮ ದೇಹವನ್ನು

ಚಿತ್ರ 13. ಫ್ಯೂಶವನ್ನು (Fuchsia) ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಝೇಂಕಾರದ ಹಕ್ಕಿ.
Source: Togzhan Ibrayeva, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hummingbird_in_search_for_nectar.jpg. License: CC-BY-SA.

ಮಾರ್ಪಡಿಸಿಕೊಂಡಿವೆ. ಝೇಂಕಾರದ ಪಕ್ಷಿಯು (humming Bird) ದಾಸವಾಳ, ಕಾಬಾಳೆ, ತುಂಬೆ, ಫ್ಯೂಷ (Fuchsia), ಹನಿಸಕಲ್ (honeysuckle) ಮುಂತಾದ ಹೂವುಗಳಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಫ್ಯೂಷ ಹೂವುಗಳ ಪ್ರತೀ ಪರಾಗ ರೇಣುವೂ ಉದ್ದನೆಯ ದಾರದಂತಹ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಝೇಂಕಾರದ ಹಕ್ಕಿಯು ಹೂವಿನ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಮಕರಂದವನ್ನು ಹೀರಲು ತನ್ನ ಉದ್ದನೆಯ ಕೊಕ್ಕನ್ನು ಚಾಚಿದಾಗ ಪರಾಗ ರೇಣುವಿನ ದಾರಗಳು ಕೊಕ್ಕಿನ ಬುಡದಲ್ಲಿರುವ ಕೂದಲುಗಳಿಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಅರಿವಾಗದಂತೆಯೇ ಝೇಂಕಾರದ ಹಕ್ಕಿಯು ಒಂದು ಹೂವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಹೂವಿಗೆ ಪರಾಗರೇಣುವನ್ನು ಈ ರೀತಿ ದಾಟಿಸುತ್ತದೆ.

ಬಾವಲಿಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಕ್ರಿಯೆ

ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುವ ಬಾವಲಿಗಳು ಕಂಡು ಬರುವುದು ಆಗ್ನೇಯ ಏಷಿಯಾ, ಆಫ್ರಿಕಾ ಮತ್ತು ಪೆಸಿಫಿಕ್ ದ್ವೀಪಗಳಲ್ಲಿ. ಬಾವಲಿಗಳಿಂದ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವಾಗುವ ಬಿಳಿ ಅಥವಾ ಪೇಲವ ಬಣ್ಣದ ಹೂಗಳು ರಾತ್ರಿಯ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ಅರಳುತ್ತವೆ ಹಾಗು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಕೆಲವು ಪ್ರಭೇದಗಳಲ್ಲಿ ಹೂವು ಚೆಂಡಿನಾಕಾರದ ಗುಂಡಗಿನ ಗೊಂಚಲುಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ಮಕರಂದವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಈ ಹೂವುಗಳು ಸಿಹಿ ಹಣ್ಣಿನ ಅಥವಾ ಕಸ್ತೂರಿಯಂತಹ ಗಾಢ ಸುಗಂಧವನ್ನು ಸೂಸಿ ಬಾವಲಿಗಳನ್ನು ತಮ್ಮತ್ತ ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಬಾವಲಿಗಳನ್ನು ಸೆಳೆಯಲೆಂದೇ ಈ ಪುಷ್ಪಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಗಾಢ ಸುಗಂಧಕ್ಕೆ ಗಂಧಕವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಸಂಯುಕ್ತ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳು ಕಾರಣ. ಬಾವಲಿಗಳು ಇಂತಹಾ ಸಂಯುಕ್ತ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳ ವಾಸನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈ ಪುಷ್ಪಗಳನ್ನು ಅರಸಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ.

ಮಾವು, ಅಚ್ಚಿ, ಬಾಳೆ, ಪೇರಳೆ ಮುಂತಾದ ಐನೂರಕ್ಕೂ ಮಿಕ್ಕಿದ ಸಸ್ಯ ಪ್ರಭೇದಗಳು

ಚಿತ್ರ 14. ಭೂತಾಳೆ ಹೂವಿನ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಮೆಕ್ಸಿಕೋದ ಉದ್ದ ನಾಲಿಗೆಯ ಬಾವಲಿ.
Source: U.S. Fish and Wildlife Service Headquarters (uploaded by Dolovis), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Choeronycteris_mexicana,_Mexican_long-tongued_bat_(7371567444).jpg. License: CC-BY.

ಬಾವಲಿಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಇಲ್ಲವೇ ಭಾಗಶಃ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಸಂಬಂಧವು ತುಂಬಾ ಮಹತ್ವವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ. ಬಾವಲಿಯಿಂದಾಗುವ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶವು ಈ ಭೂಭಾಗಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸಸ್ಯಗಳ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯ ಮೇಲೂ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿದೆ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ನಾವು ಇಲ್ಲಿಯ ತನಕ ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ಸಸ್ಯ ಹಾಗು ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿಗಳ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದರೂ, ಸಸ್ಯಗಳ ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿಗೆ ಹಾಗು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳ ಬದುಕಿಗೆ ಈ ಎರಡರ ಪರಸ್ಪರ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯು ಎಷ್ಟು ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಬಲ್ಲದು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಮೇಲ್ಕಂಡ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ವಿಷದೀಕರಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ.ಓ. ವಿಲ್ಸನ್ ಎಂಬ ಅಮೇರಿಕನ್ ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ, ಸಂಶೋಧಕ, ನೈಸರ್ಗಿಕತೆಯ ಪ್ರತಿಪಾದಕ, ಲೇಖಕ ಮತ್ತು ಸಿದ್ಧಾಂತಿಯ *"ನಾವು ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕೇವಲ ಕೀಟಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಹೊಸಕಿ ಹಾಕಿದರೂ ಕೆಲವೇ ತಿಂಗಳುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯತ್ನವಿಲ್ಲದೇ ಮಾನವ ಕುಲವನ್ನೊಳಗೊಂಡು ಇನ್ನುಳಿದ ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳೂ ಅವುಗಳೊಟ್ಟಿಗೇ ಸರ್ವನಾಶವಾಗುತ್ತವೆ"* ಎಂಬ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಪರಾಗಸ್ಪರ್ಶಿ ಜೀವಿಗಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯು ಎತ್ತಿತೋರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Bee pollinating a rose, Debivort, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bee_pollinating_a_rose.jpg. License: CC-BY-SA.

References

1. Plant-Pollinator Interactions: From Specialization to Generalization. Edited by Nickolas M. Waser and Jeff Ollerton. University of Chicago Press. URL: https://books.google.co.in/books?id=Fbl5c9fUxTIC&printsec=frontcover&dq=pollination&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjol5vF_tvOAhVEro8KHTvAC poQ 6AEIKTAC.
2. Lizards as pollinators and seed dispersers: An island phenomenon. Olesen, J. M., and A. Valido. Trends in Ecology and Evolution, 2003, 18(4): 177-181.
3. Celebrating Wildflowers: Bat pollination. USDA Forest Service, Rangeland Management Botany Program. 2006. Retrieved November 7, 2006. URL: http://www.fs.fed.us/wildflowers/.
4. Pollination. (2015, October 11). New World Encyclopedia. Retrieved 17:44, September 30, 2016. URL: http://www.newworldencyclopedia.org/p/index.php?title=Pollination&oldid=991213.
5. Helping to Feed Honey Bees and Other Pollinators. Glynn Young. URL: http://monsantoblog.com/2014/03/10/helping-to-feed-honey-bees-and-other-pollinators/.
6. Social Behavior in animals with special reference to vertebrates. N. Tinbergen. Springer Netherlands.
7. Pollinators in the Landscape II: Plants and Pollinators.Mandy Bayer. The Center for Agriculture, Food and the Environment. URL: https://ag.umass.edu/fact-sheets/pollinators-in-landscape-ii-plants-pollinators.
8. Orchid Pollination. RonMcHatton, AOS, June 2011. URL: http://staugorchidsociety.org/PDF/OrchidPollinationbyRonMcHatton.pdf.

ಮೀನಾಕ್ಷಿ ಪಂತ್ ಇವರು ಡೆಹರಾಡೂನ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಶನ್, ಜಿಲ್ಲಾ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಪನ್ಮೂಲ ವ್ಯಕ್ತಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಇವರು ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿ ಹಾಗೂ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ವನ್ಯಜೀವಿಗಳ ಸಂರಕ್ಷಣೆ ಹಾಗೂ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಒಲುಮೆಯಿರುವ ಪಂತ್ ಅವರು ಹದಿನೈದು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಶಿಕ್ಷಕಿಯಾಗಿಯೂ (ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ) ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಮೀನಾಕ್ಷಿಯವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: meenakshi.pant@azimpremjifoundation.org.

ಅನುವಾದ: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಸ್ಮಿತಾ

ಕಲೆ ಮತ್ತು ಪರಿಸರ

ಅಭಿಷೇಕ ಕೃಷ್ಣಗೋಪಾಲ

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಆಲೋಚನಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಹಾಗು ಅನುಭವವನ್ನು ಹೊಮ್ಮಿಸುವ ಕಲೆಯು ಪರಿಸರದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಕಲಿಸುವ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿದೆ. ಸರಳವಾದ ಕೆಲವು ಕಲಾ ಕೇಂದ್ರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಂದ ಪರಿಸರ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದನೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಬಗ್ಗೆ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಮನುಷ್ಯನಿಂದ ಪರಿಸರದ ಮೇಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಹಲವಾರು ಕೆಟ್ಟ ಪರಿಣಾಮಗಳಿಗೆ ಪರಿಸರದೊಂದಿಗಿನ ನಮ್ಮ ಒಡನಾಟವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಿರುವುದೇ ಕಾರಣ. ಮಕ್ಕಳು ಪರಿಸರದ ಕುರಿತಾದ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಳಜಿ ವಹಿಸಲು ಮತ್ತು ಅದರ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಮನಗಾಣಲು ಅನುಭವದಾಯಕ ಶಿಕ್ಷಣ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಜಾರಿಗೊಳಿಸಿದರೆ ಸುಸ್ಥಿರ ಜೀವನ ನಡೆಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಯ ಹಾಗು ರಾಜ್ಯ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಂಡಳಿಗಳು ಪರಿಸರ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ತಮ್ಮ ಪಠ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕಡ್ಡಾಯಗೊಳಿಸಿವೆ. ಆದರೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಈ ಶಿಕ್ಷಣ ಪದ್ಧತಿಯು ಎಳೆಯ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮೇಲೆ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಿದೆ. ಪರಿಸರ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತಹ ವಿಷಯಗಳಾದ ಪರಿಸರ ಮಾಲಿನ್ಯ, ಜಾಗತಿಕ ಹವಾಮಾನ ವೈಪರೀತ್ಯ ಹಾಗು ಓಝೋನ್ ಪದರದ ವಿನಾಶ ಮುಂತಾದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದೆಂದು ಗ್ರಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ವಿಫಲರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತುಂಬಿ ತುಳುಕುತ್ತಿರುವಂತಹ ಪಠ್ಯಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಪರಿಸರ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿದರೆ ಇದನ್ನು ಮಿತಿ ಮೀರಿದ ಹೊರೆಯೆಂದು ಶಿಕ್ಷಕರು ಹಾಗು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಭಾವಿಸುತ್ತಾರೆ. ಪರಿಸರ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಇತರೆ ವಿಷಯಗಳಂತೆ ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಸಲುವಾಗಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬೇಕು ಹಾಗು ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಭಾವಿಸಿ ಇದನ್ನು ಅಲಕ್ಷಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಪರಿಸರ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಕಲಿಸಲು ಬಳಸುವ ಮಾರ್ಗಗಳು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮೇಲೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಿವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತಹ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಕಲಿಯುವುದಲ್ಲದೇ ಪರಿಸರದ ಬಗ್ಗೆ ಸಂವೇದನೆಯನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿದೆ ಹಾಗು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತ ಮುತ್ತಲಿನ ನಿಸರ್ಗವನ್ನು ಕಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಅರಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಲು, ಪರಿಸರದ ಕಡೆಗಿನ ಮಕ್ಕಳ ಸಂವೇದನಾಶೀಲತೆಯನ್ನು ಜಾಗೃತಗೊಳಿಸುವಂತಹ ಮತ್ತು ಪೋಷಿಸುವಂತಹ ನವೀನ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹಾಗು ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ನಾವು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿದೆ.

> ...ಮಕ್ಕಳು ಪರಿಸರದ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಳಜಿ ವಹಿಸಲು ಮತ್ತು ಅದರ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಮನಗಾಣಲು ಅನುಭವದಾಯಕ ಶಿಕ್ಷಣ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಜಾರಿಗೊಳಿಸಿದರೆ ಸುಸ್ಥಿರ ಜೀವನ ನಡೆಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಮನುಕುಲದ ಇತಿಹಾಸವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಕಲೆ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಣವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ನೈಜವಾಗಿ, ಜ್ಞಾನವು ಕಲೆಯ ಮೂಲಕ ಹರಡುವುದೆಂದು ಒಂದರ್ಥದಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಹೀಗಿದ್ದರೂ ಈಗಿನ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಜಗತ್ತಿನ ಹಲವಾರು ಶಿಕ್ಷಣ ಪದ್ಧತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇವೆರಡೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದಂತಾಗಿವೆ. ಕಲೆಯನ್ನು ಒಂದು ಸಾಧನವಾಗಿ

ಬೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಅದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಆಲೋಚಿಸಲು, ಅನುಭವಿಸಲು ಪ್ರಚೋದಿಸುವುದಲ್ಲದೇ ಅವರಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯನ್ನು ಬೆಳೆಸುತ್ತದೆ. ಹಲವಾರು ಕಲಾಧಾರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಪರಿಸರದೊಡನೆ ನಾವು ಒಡನಾಡಿದರೆ ಪರಿಸರದ ಕಡೆಗಿನ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ನಿಜವಾಗಿ ನೋಡುವುದಾದರೆ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪರಿಸರವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕಿಲ್ಲದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಕಲಾ ಮಾಧ್ಯಮಕ್ಕಿದೆ.

ಕಲೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಪರಿಸರವನ್ನು ಬೋಧಿಸಲು ಒಬ್ಬಾತ ತರಬೇತಿ ಪಡೆದ ಕಲಾಕಾರನಾಗಿರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ವಿಷಯ ತಜ್ಞನೂ ಆಗಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಕಲೆಯೆಂಬ ಮಾಧ್ಯಮದ ಮೂಲಕ ಕುತೂಹಲಶಾಲಿ, ವಿಚಾರಶೀಲ ಹಾಗು ಸೃಜನಾತ್ಮಕ ಚಿಂತನೆಯುಳ್ಳವರು ನವೀನ ಕಲಾಧಾರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಸರಳವಾದ ಕೆಲವು ಕಲಾಧಾರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ಮೂಲಕ ಶಾಲಾ ಶಿಕ್ಷಕರು ಪರಿಸರ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬೋಧಿಸಬಹುದು. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲ ಅಥವಾ ತುಂಬಾ ಸೃಜನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಇರಬೇಕೆಂದೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಕೆಲ ಸರಳವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಕೂಡ ಮಕ್ಕಳ ಕಲಿಕಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಲ್ಲಿ ಮಹತ್ತರ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಬಲ್ಲವು. ಪರಿಸರದ ಕುರಿತಾಗಿನ ಮಕ್ಕಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯನ್ನು ಉದ್ದೀಪಿಸಲು ಬಳಸುವಂತಹ ಕೆಲ ಸರಳ ಚಟುವಟಿಕೆ ಹಾಗು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಈ ಲೇಖನದ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಕಲೆಯ ಮೂಲಕ ಅವಲೋಕನೆಯ ಆತ್ಮಸ್ಥೈರ್ಯವನ್ನು ಬೆಳೆಸುತ್ತದೆ!

ಹುಲಿಗಳ ರಕ್ಷಿತಾರಣ್ಯದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಾಸಿಸುತ್ತಿರುವ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ಕಲೆಯ ಮೂಲಕ ಪರಿಚಯಿಸಲು ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನಡೆಸಲಾಯಿತು. ಕಲಾಧಾರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಳ್ಳುವ ಮುನ್ನ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಸ್ಥಳೀಯ ಜೀವ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯ ಕುರಿತಾದ ಸರಾಸರಿ ಜ್ಞಾನ ಎಷ್ಟಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಪ್ರಶ್ನಾವಳಿಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಸಮೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ನಡೆಸಲಾಯಿತು. ಅಚ್ಚರಿಯೆನ್ನುವಂತೆ, ತಮ್ಮ

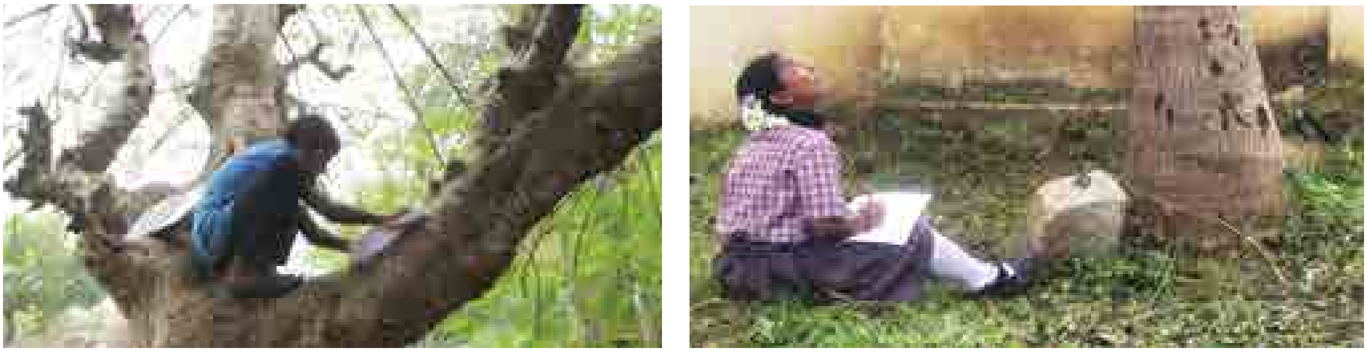
ಕಲೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಪರಿಸರವನ್ನು ಬೋಧಿಸಲು ಒಬ್ಬಾತ ತರಬೇತಿ ಪಡೆದ ಕಲಾಕಾರನಾಗಿರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ವಿಷಯ ತಜ್ಞನೂ ಆಗಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಕಲೆಯೆಂಬ ಮಾಧ್ಯಮದ ಮೂಲಕ ಕುತೂಹಲಶಾಲಿ, ವಿಚಾರಶೀಲ ಹಾಗು ಸೃಜನಾತ್ಮಕ ಚಿಂತನೆಯುಳ್ಳವರು ನವೀನ ಕಲಾಧಾರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ 1. ತಮಗೆ ಅಪರಿಚಿತವಾದ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿವರಗಳನ್ನು ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಚಿತ್ರಕಲೆಯು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿತು.

Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.

ಸುತ್ತಲಿನ ವನ್ಯ ಸಂಕುಲದ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ಥಳೀಯ ಮಕ್ಕಳ ಅಜ್ಞಾನವನ್ನು ಈ ಸಮೀಕ್ಷೆಯು ಪ್ರಚುರ ಪಡಿಸಿತು. ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಅರಣ್ಯಕ್ಕೆ ಕರೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗಿ ಅಲ್ಲಿನ ವನ್ಯಜೀವಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವೊಂದಿಷ್ಟು ಅಧಿಕೃತ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕೊಡುವುದು ಆದರ್ಶವೆನಿಸಿದರೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅಪ್ಪಣೆ ಸಿಗುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಬದಲಾಗಿ, ತರಗತಿಯ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲವೊಂದಿಷ್ಟು ಕಲಾ ಮಾದರಿಗಳ ಮುಖಾಂತರ ವನ್ಯಜೀವಿಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದನ್ನು ಕಲಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಹುಲಿಗಳ ರಕ್ಷಿತಾರಣ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಲವೊಂದು ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯ ಸಸ್ತನಿಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ತೋರಿಸಲಾಯಿತು ಹಾಗು ಒಂದೇ ಕುಟುಂಬಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಭೇದಗಳನ್ನು ವರ್ಗೀಕರಿಸಲು ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿ ಒಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ಕೇವಲ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಲು ಹೇಳಿದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ಆ ಚಿತ್ರಗಳ ಮೂಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಕರಡು ಪ್ರತಿಯನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲು ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ಆ ಕಾಡಿನಲ್ಲಿ ಐದು ಪ್ರಭೇದದ ಪ್ರೈಮೇಟುಗಳು, ಎರಡು ಬಗೆಯ ಬೆಕ್ಕಿನ ಪ್ರಭೇದಗಳು ಮತ್ತು ಮೂರು ಗೊರಸುಳ್ಳ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಪ್ರಭೇದಗಳಿದ್ದುದರಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅರಿತು ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿತ್ತು. ಸಸ್ತನಿಗಳನ್ನು ಕರಡು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸಿದ ಮಕ್ಕಳು ಪಡೆದ ಜ್ಞಾನವು ಕೇವಲ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದ ಮಕ್ಕಳ ಬುದ್ಧಿಮತ್ತೆಗಿಂತ ಚೆನ್ನಾಗಿದೆ ಎಂದು ಈ ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ತಾವು ಅಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ನೋಡಿರದಿದ್ದ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಹಲವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಚಿತ್ರಕಲೆಯು ಸಹಾಯಮಾಡಿತು. ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸಿದ ಹೆಣ್ಣು ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಜ್ಞಾನವು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿತ್ತು. ಹಲವಾರು ಹಳ್ಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯಕ್ಕೆ ಬಂದ ಹೆಣ್ಣು ಮಕ್ಕಳನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಗೋಡೆಗಳ ನಡುವೆಯೇ ಬಂಧಿಸಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಲಾ ಮಾಧ್ಯಮವು ಇವರನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ, ಇತರೆ ಮಕ್ಕಳಿಗೂ ಬಾಹ್ಯ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ಅರಿಯಲು ಒಂದು ಉಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನವಾಗಿದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಜಾತಿಯ ಗಿಡ ಮರಗಳ ಗುಣ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುವ ಹಾಗು ಚಿತ್ರಿಸುವ ಪರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನಡೆಸಲಾಯಿತು. ಪ್ರತೀ ತರಗತಿಯನ್ನು ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿ, ಒಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ಶಾಲಾ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮರಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಲು ತಿಳಿಸಿದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ತಾವು ಅವಲೋಕಿಸಿದ ಮರಗಳ ಭಾಗಗಳಾದ ಎಲೆ, ಕಾಯಿ, ಹೂಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲು ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ತೊಗಟೆಯ ಮೇಲ್ಮೈ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಕ್ರೇಯಾನುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ಅಚ್ಚು ತೆಗೆಯಲೂ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ನಂತರ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ತಾಳೆ ನೋಡಿದಾಗ ತಿಳಿದು ಬಂದ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ತಾವು ಅವಲೋಕಿಸಿದ ಮರಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿದ ಗುಂಪಿನವರು, ಎಲೆ ಹಾಗು ತೊಗಟೆಯ ಆಕಾರಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿ ಮತ್ತು ದೀರ್ಘ ಕಾಲದವರೆಗೂ ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಅಂತಹವರು ಯಾವುದೇ ಆಕರಗಳ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೇ ಮರದ ಕಾಯಿ ಅಥವಾ ಎಲೆಗಳ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು



ಚಿತ್ರ 2. ಹೊರಾಂಗಣ ಚಿತ್ರಕಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ರೋಮಾಂಚನ.
Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.

ಕರಿ ಹಲಗೆಯ ಮೇಲೆ ಬಿಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಗಮನಾರ್ಹ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನಮೂನೆಯ ಮರಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಲು ಸೂಚಿಸಿದ ಗುಂಪಿನ ಮಕ್ಕಳು ತಮಗೆ ಈಗಾಗಲೇ ಪರಿಚಯವಿರುವಂತಹ ಹುಣಸೆ, ಪಪ್ಪಾಯಿ ಅಥವಾ ಅಂಜೂರದಂತಹ ಸಾಮಾನ್ಯ ಮರಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ತಾವು ಅವಲೋಕಿಸಿದಂತಹ ಮರಗಳ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ನೆನಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾರೆವೆಂಬ ಹಿಂಜರಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಈ ಮಕ್ಕಳು ತಮಗೆ ಚಿರಪರಿಚಿತವಿರುವ ಮರಗಳನ್ನೇ ಆರಿಸಿಕೊಂಡರು. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಲು ಉದ್ಯುಕ್ತರಾದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮಗೆ ಅಪರಿಚಿತವಾದ ಮರಗಳನ್ನೇ ಬಿಡಿಸಲು ಮುಂದಾದರು. ಈ ರೀತಿ ಕಲೆಯು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಆತ್ಮವಿಶ್ವಾಸವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದ್ದಲ್ಲದೇ, ವಿವಿಧ ಗುಣ–ಲಕ್ಷಣಗಳುಳ್ಳ ಮರಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಲ್ಲಿ ಹಾಗು ಅವರ ಬುದ್ಧಿಮತ್ತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿ, ಚಿತ್ರಕಲೆಯನ್ನು ಪಕ್ಷಿ, ಕೀಟ ಮತ್ತಿತರೆ ಜೀವಿಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬಳಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಪರಿಸರ ವೀಕ್ಷಣೆಯು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ತಾವು ಈವರೆಗೆ ಅಲಕ್ಷಿಸಿದ ಜೀವಸಂಕುಲವನ್ನು ಹತ್ತಿರದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸುವಲ್ಲಿ ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದರೂ, ಕಲೆಯು ಮಕ್ಕಳ ಕೂಲಂಕಷ ಪರಿಶೀಲನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹಾಗು ಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಹಳ್ಳಿ ಮಕ್ಕಳ ಒಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ವಾಸಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹುಡುಕಿ, ಅದರ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಬಿಡಿಸಲು ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ಅವರು, ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಮಯವನ್ನು ಅಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿರಬಹುದಾದ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಮತ್ತು ಅವು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ವಾಸಸ್ಥಾನಗಳ ವಿವರಗಳಿಗಾಗಿ ಮೀಸಲಿಟ್ಟರು. ಪರಿಸರ ವೀಕ್ಷಣೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೆಲವೊಂದು ವಿಷಯಗಳು ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗಬಹುದೇನೋ ಎಂದು ಅವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲು ಮಕ್ಕಳು ಆ ಮನೆಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿವರಗಳ ಕಡೆಗೆ ಒತ್ತನ್ನು ನೀಡಿದರು ಹಾಗೂ ಅವನ್ನು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರು.

ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಶಾಲಾ ಆವರಣದಲ್ಲೂ ನಡೆಸಬಹುದು. ಶಿಕ್ಷಕರು ಪ್ರಾಣಿಗಳ ವಾಸಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಹೇಳಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಕ್ಕಳು ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಹಕ್ಕಿಗೂಡಿನ ಅವಲೋಕನವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಗಮನವನ್ನು ಜೇಡರ ಬಲೆ ಅಥವಾ ಕಣಜದ ಗೂಡು ಹೇಗಿವೆ ಎಂಬುದರ ಕಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯುವಂತಹ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನೂ ಮಾಡಬಹುದು. ಶಿಕ್ಷಕರು ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ತಾವು ನೂತನವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಿದ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ವಾಸಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗಮನಿಸಲು ಹಾಗೂ ಚಿತ್ರ ಬಿಡಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಮಯಾಕಾಶವನ್ನೂ ಕೊಡಬೇಕಾಗಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ಬರೆದಂತಹ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತರಗತಿಯ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚಿಸಿದಲ್ಲಿ ಇಡೀ ತರಗತಿಯೇ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ವಾಸಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಕಟ್ಟುವ ಕಲೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಅನನ್ಯ ವಿಚಾರಗಳು, ವಾಸಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳು ಹಾಗೂ ಯಾವ ವಿಧದ ಭೀತಿಗಳಿಂದ ಪ್ರಾಣಿಗಳನ್ನು ರಕ್ಷಿಸಲು ಅವು ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮನದಟ್ಟಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲೂ ಈ ರೀತಿಯ ಗುಂಪು ಚರ್ಚೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ 3. ಹುಲ್ಲನಡಿಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದ ಇರುವೆ ಗೂಡನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತಿರುವುದು.
Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.

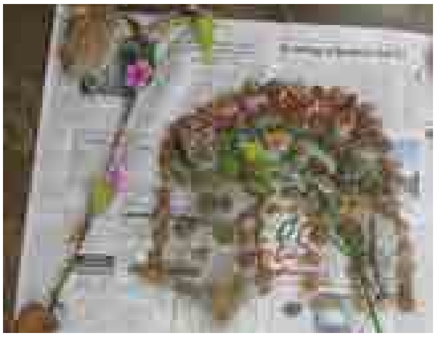
ಪರಿಸರ ಪ್ರೇರಿತ ಕಲೆಗೆ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ

ಪರಿಸರ ತಜ್ಞನಾಗಿ ನನ್ನ ಅನುಭವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಇಂತಹ ಚಿತ್ರಕಲೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಹಿಂಜರಿದು ದೂರ ಸರಿಯುವ ಹಲವಾರು ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ನಾನು ಗಮನಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಚಂದ ಕಾಣುವ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಬಿಡಿಸಲು ಶಿಕ್ಷಕರು ಹಾಗು ಪಾಲಕರು ಒತ್ತಡ ಹೇರುತ್ತಾರೆ. ನಂತರ ಬಿಡಿಸಿದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಮೂಲ ಆಕೃತಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ ಚಿತ್ರದ ಗುಣಮಟ್ಟವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯ ಇನ್ನಿತರೆ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಸೃಜನಶೀಲತೆಗೆ ಆಸ್ಪದವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಚಿತ್ರಕಲೆಯಿಂದ ಹಿಂದೆ ಸರಿಯುತ್ತಾರೆ. ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅವರ ಪಾಡಿಗೆ ಬಿಟ್ಟು, ತಮಗೆ ಇಷ್ಟ ಬಂದವುಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತಾ, ತಮಗಿಷ್ಟವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲು ಹೇಳಿದಾಗ ಮೂಡುವ ಪರಿಸರ ಪ್ರೇರಿತ ಚಿತ್ರಕಲೆಯು ಮಕ್ಕಳು ಮಾನಸಿಕ ಕಟ್ಟುಪಾಡುಗಳಿಂದ ಹೊರಬರಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳು ಚಿತ್ರಕಲೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮನ್ನು

ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಮೂಲಕ ಪಡೆದ ಅನುಭವವು ಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ಕಲೆಯು ಹೇಗೆ ಮೂಡಿ ಬಂದಿದೆ ಎನ್ನುವುದಲ್ಲ.

ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಕಲೆಗೆ ಆಸ್ಪದವಿಲ್ಲದಂತಹ ಮಕ್ಕಳು ಚಿತ್ರ ಬರೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಹಾಗು ಪೇಂಟಿಂಗ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಅಂಜುತ್ತಾರೆ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನಿಗದಿತ ಕಾಲಮಿತಿಯೊಳಗೆ ನಾನು ಪ್ರಕೃತಿದತ್ತ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಕಲಾಕೃತಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಮುಂದಾದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಮಕ್ಕಳು ಪೆನ್ಸಿಲ್, ಬಣ್ಣಗಳು ಹಾಗು ಪೇಪರ್‌ಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಅವಲಂಬಿಸದೇ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಬಣ್ಣ ಹಾಗು ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಲು ಕಲಿಯುತ್ತಾರೆ. ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡು ಕಲಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಲು ಹೇಳಿದಾಗ ಅವರ ಮುಂದೆ ಮಣ್ಣು ಮತ್ತು ಕಲ್ಲು, ಎಲೆ, ಬೀಜ, ಹಣ್ಣುಗಳು, ಮುರಿದ ಮರದ ತುಂಡುಗಳು, ಒಣ ಹುಲ್ಲು, ಸತ್ತ ಕೀಟಗಳು ಸೇರಿದಂತೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಆಯ್ಕೆಗಳಿದ್ದವು! ಇಷ್ಟು ಸಮಯ ಗಣನೆಗೇ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದಿದ್ದ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಾಮಗ್ರಿಗಳು ಒಮ್ಮೆಲೇ ಅವರೆದುರು ತೆರೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಜೊತೆಗೆ, ಈ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಕೈಯಿಂದ ಮುಟ್ಟಿ, ಅನುಭವಿಸುವ ಅವಕಾಶ ಅವರಿಗೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುರಿಯಿಲ್ಲದೆ ಕಲಾಕೃತಿ ರಚಿಸಲು ಅವರಿಗೆ ಅವಕಾಶ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಾಗ ಅದು ಮಕ್ಕಳ ಸೃಜನಶೀಲತೆಗೆ ದಾರಿ ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳು ಬಣ್ಣ, ರಚನೆ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸಗಳ ಕುರಿತು ಯಾವುದೇ ನಿರ್ಬಂಧಗಳಿಲ್ಲದೇ ಅತ್ಯದ್ಭುತವಾದ ಕಲಾಕೃತಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಕಲಿಯುತ್ತಾರೆ! ಈ ಕೃತಿಗಳು ಕ್ಷಣಿಕವಾದದ್ದರಿಂದ ಯಾವುದೇ ಬಾಧಕವಿಲ್ಲದೇ ಮಣ್ಣಲ್ಲಿ ಮಣ್ಣಾಗಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ನೋಡುವ ಮಕ್ಕಳು ತಮ್ಮೊಂದಿಗೆ ಅಪಾರ ಅನುಭವವನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಜಗತ್ತಿನೊಡನೆ ಮಕ್ಕಳು ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಗಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಲು ಇದೊಂದು ಸಂತೋಷದಾಯಕವಾದ ಮಾರ್ಗ.

ಚಿತ್ರ 5. ಕಾಲಿಮ್‌ಪೊಂಗ್‌ನ ರೆಲ್ಲಿ ಹಳ್ಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ರಚಿಸಿದ ಹಕ್ಕಿಯ ಗೂಡುಗಳು.
Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.



ಚಿತ್ರ 4. ಬುಡಕಟ್ಟು ಶಾಲೆಯ ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಶಾಲಾ ಮಕ್ಕಳ ಗುಂಪು ರಚಿಸಿದ ಪ್ರಕೃತಿ–ಪ್ರೇರೇಪಿತ ಕಲಾಕೃತಿ.
Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.

ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅವರ ಪಾಡಿಗೆ ಬಿಟ್ಟು, ತಮಗೆ ಇಷ್ಟ ಬಂದವುಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತಾ, ತಮಗಿಷ್ಟವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲು ಹೇಳಿದಾಗ ಮೂಡುವ ಪರಿಸರ ಪ್ರೇರಿತ ಚಿತ್ರಕಲೆಯು ಮಕ್ಕಳು ಮಾನಸಿಕ ಕಟ್ಟುಪಾಡುಗಳಿಂದ ಹೊರಬರಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳು ಚಿತ್ರಕಲೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮನ್ನು ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಮೂಲಕ ಪಡೆದ ಅನುಭವವು ಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ಕಲೆಯು ಹೇಗೆ ಮೂಡಿ ಬಂದಿದೆ ಎನ್ನುವುದಲ್ಲ.

ಪರಿಸರ ಜಾಗೃತಿ

ಅವರವರ ಹಳ್ಳಿ, ಪಟ್ಟಣ ಮತ್ತು ನಗರಗಳ ಪರಿಸರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಹಾಗು ಪರಿಸರ ಜಾಗೃತಿಯನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಲು ಕಲೆಯನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಸ್ಥಳೀಯ ಪರಿಸರವನ್ನು ರೂಪಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಡಲು ಕಲಾ ಕೇಂದ್ರಿತ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಾನೊಮ್ಮೆ ಹಕ್ಕಿ ಗೂಡುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು, ಘಾಸಿಗೊಳಿಸುವ ಅಭ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಹಳ್ಳಿಯ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಗೂಡುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ಕೈಯಾರೆ

ಚಿತ್ರ 6. ಕಾಲಿಮ್‌ಪೊಂಗ್‌ನ ರೆಲ್ಲಿ ಹಳ್ಳಿಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿ ಬಿಸಾಡಿದ ರಟ್ಟಿನ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳನ್ನು ಪುನರ್‌ಸೃಷ್ಟಿಗೆ ಬಳಸುತ್ತಿರುವುದು.
Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.

ರಚಿಸುವಂತೆ ಹೇಳಿದೆ. ಗೂಡನ್ನು ರಚಿಸಲು ಪಕ್ಷಿಗಳು ಯಾವ ಎಲೆ ಮತ್ತು ಹುಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆಯೋ ಅಂತಹ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನೇ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವಂತೆ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಯಿತು. ನಂತರ, ಈ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ತಮಗೆ ತೋಚಿದ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟೆ ಹಿಡಿಯಬಲ್ಲಂತಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಗೂಡುಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವಂತೆ ಹೇಳಲಾಯಿತು. ಹಲವಾರು ತಾಸುಗಳ ತನಕ ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡ ನಂತರ ಕೆಲವು ಮಕ್ಕಳು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಧೃಡವಾದ ಗೂಡುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾದರು. ಆದರೆ, ಹಲವರು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಗೂಡುಗಳು ದುರ್ಬಲವಾಗಿದ್ದವು. ಈ ಸರಳ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಂದ ತಾವು ಕ್ಷಣ ಮಾತ್ರದಲ್ಲಿ ನಾಶ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಗೂಡುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವಲ್ಲಿ ಪಕ್ಷಿ ಪಡುವ ಅಪಾರ ಶ್ರಮ ಹಾಗು ಸಮಯದ ಅರಿವು ಮಕ್ಕಳಿಗಾಯಿತು. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ನಂತರ ತಾವು ಕಷ್ಟಪಟ್ಟು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಗೂಡುಗಳನ್ನು ನಾಶಪಡಿಸಲಾಗುವುದು ಎಂದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿಸಿದಾಗ ಅವರು ಗಾಬರಿಗೊಂಡು, ತಾವಿನ್ನೆಂದೂ ಹಕ್ಕಿಗೂಡುಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಪ್ರಮಾಣ ಮಾಡಿದರು!

ತ್ಯಾಜ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯೆಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ಬಹುಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಕುರಿತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿಯೇ ಆದಷ್ಟು ಬೇಗ ಜಾಗೃತಗೊಳಿಸಬೇಕಿದೆ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕಲೆಯನ್ನು ಬೇರೊಂದು ತರಹ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಇಂತಹ ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಆರಂಭವು ತ್ಯಾಜ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆ, ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ಮರುಬಳಕೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಕುರಿತು ಚರ್ಚಿಸಿ ನಂತರ ಗೊಬ್ಬರಗುಂಡಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದರ ಮುಖಾಂತರ ಆಗುತ್ತಿತ್ತು; ಶಿಬಿರ ಮುಂದುವರೆದಂತೆ ಕ್ರಮೇಣ ಕಸದಿಂದ ಉಪಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದರತ್ತ ಸಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ನಂತರ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ತಮ್ಮ ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿ ಬಿಸಾಡಿದ್ದಿರಬಹುದಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಬಹುಪಯೋಗಿ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವಂತೆ ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಸದಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುವ ಅತ್ಯಾಕರ್ಷಕ ವಸ್ತುಗಳು ಮನಸೆಳೆಯುವುದರಿಂದ, ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವನ್ನು ಬಳಸಿದ ಬಳಿಕ ಬಿಸಾಡುವುದಕ್ಕೂ ಮುನ್ನ ಸಾಕಷ್ಟು ಯೋಚಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ!

ಉಪಸಂಹಾರ

ಭಾರತೀಯ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಹಲ ವಿಧದ ಕಲಾ ಪ್ರಕಾರಗಳು – ಸಾಹಿತ್ಯ, ಕಾವ್ಯ ಮತ್ತು ಸಂಗೀತ, ನೃತ್ಯ, ಮೂರ್ತಿ ರಚನೆ, ನಾಟಕ – ಅಡಕಗೊಂಡಿವೆ. ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಅರಿಯುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅದರೊಡನೆ ಬಾಂಧವ್ಯವನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಆ ಬಗೆಬಗೆಯ ಕಲಾ ಪ್ರಕಾರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪರಿಸರ ಸಂರಕ್ಷಣೆ ಕುರಿತಾದ ರಂಗಭೂಮಿ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳು ಸಣ್ಣ-ಪುಟ್ಟ ಪಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೇ ವಯಸ್ಕ ಹಾಗು ಪ್ರೇಕ್ಷಕರಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಕುರಿತಾದ ಜಾಗೃತಿ ಮೂಡುತ್ತದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಹಿನಿಯಿಂದ ದೂರವಿರುವ, ಅವಗಣನೆಗೊಳಗಾದ ಮತ್ತು ಹಿಂದುಳಿದ ಸಮುದಾಯಗಳನ್ನು ತಲುಪಲೂ ಕಲಾ ಮಾಧ್ಯಮವು ಇನ್ನಿತರೆ ಮಾರ್ಗಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಹಾಯಕಾರಿ.

ಪರಿಸರವನ್ನು ಕಲೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಲಿಸಲು ಶಿಕ್ಷಕರಾದ ನಾವು ನಿಸರ್ಗದ

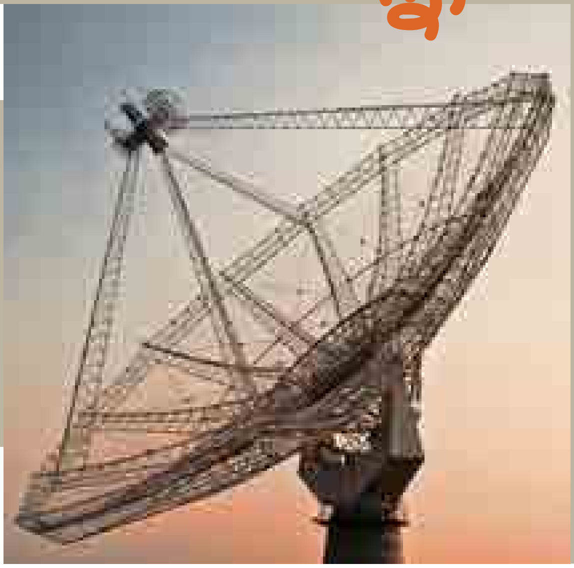
ಕುರಿತ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ, ವಿನೋದಶೀಲತೆ ಮತ್ತು ಸೃಜನಶೀಲತೆಯನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿದೆ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂತೋಷದಾಯಕವಾಗಿ ಕಲಿಯಬಹುದು ಹಾಗು ಕಲಿಸಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡಲು ಕೆಲವೇ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕಲೆಯನ್ನು ತಮ್ಮ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಈ ಲೇಖನವು ತಮ್ಮನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಂಬಿದ್ದೇನೆ.

ಚಿತ್ರ 7. ಬಳಸಿ ಬಿಸಾಡಿದ ನೀರು ಮತ್ತು ಶಾಂಪೂ ಬಾಟಲಿಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಭರಣಿಗಳು. ಮನುಷ್ಯರು ಕೆಟ್ಟದ್ದೆಂದು ಭಾವಿಸುವ ಅಥವಾ ಅಪಶಕುನವೆಂದು ತಿಳಿಯುವ ಜೀವಿಗಳ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸಿ ಭರಣಿಗಳನ್ನು ಅಲಂಕರಿಸಲಾಯಿತು.
Credits: Abhisheka K. License: CC-BY-NC.

ಅಭಿಷೇಕ ಕೃಷ್ಣಗೋಪಾಲ ಇವರು ಪರಿಸರವಾದಿ, ಪರಿಸರ ಶಿಕ್ಷಣತಜ್ಞೆ ಹಾಗು ಕಲಾವಿದೆ (ಚಿತ್ರಕಲೆ ಮತ್ತು ರಂಗಭೂಮಿ). ಪ್ರಕೃತಿಯ ಸಂರಕ್ಷಣೆಯ ಜಾಗೃತಿಗಾಗಿ ಇವರು ಪರಿಸರ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪಡೆದ ಅಪಾರ ಅನುಭವ ಮತ್ತು ಕಲಾ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ನಗರ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಯಗೊಂಡ ಮತ್ತು ಅನಾಥವಾಗಿರುವ ಹಲವಾರು ವನ್ಯಮೃಗಗಳಿಗೆ ಸೂಕ್ತ ವಾಸಸ್ಥಾನವನ್ನು ಒದಗಿಸುವಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಅನುಭವವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ. ಅಭಿಷೇಕಾ ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: abhishekagopal@gmail.com.

ಅನುವಾದ: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಸ್ಮಿತಾ

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ



ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್

ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದ ವಿಶ್ವವು ವಿಚಿತ್ರ ಮತ್ತು ಸುಂದರ. ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ವಿಭಿನ್ನ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದೊಂದೇ ಅದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಏಕೈಕ ಮಾರ್ಗ. ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳು ಹೊರಸೂಸುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಭಾರತದ ಪುಣೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ವೇವ್ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ (Giant Meterwave Radio Telescope, GMRT) ದಿಂದ ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಗೋಚರವಾದ ಅದ್ಭುತಗಳ ಒಂದು ನೋಟವನ್ನು ಈ ಲೇಖನದ ಮೂಲಕ ನೋಡೋಣ

ಎರಡು ದಶಕಗಳಿಗೂ ಹಿಂದೆ ಕಾರ್ಲ್ ಸೆಗಾನ್‌ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾದಂಬರಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ 'ಕಾಂಟ್ಯಾಕ್ಟ್' ಕಾದಂಬರಿಯನ್ನು ಹಾಲಿವುಡ್ ಚಲನಚಿತ್ರವನ್ನಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಜೊಡೀ ಫ್ಲಾಸ್ಟರ್ ಅವರು ನಾಯಕಿ ಡಾ. ಎಲಿನೋರ್ 'ಎಲ್ಲಿ' ಆರೋವೇಯ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದ್ದರು. (SETI ಎಂದೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ) ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು (Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI] ಆಧರಿಸಿರುವ 'ಕಾಂಟ್ಯಾಕ್ಟ್' ಕಾದಂಬರಿಯಲ್ಲಿ ಅಪಾರ ಎಡರು ತೊಡರುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸುತ್ತಾ ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ನಾಗರಿಕತೆಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧಿಸುವ ಛಲವಾದಿ ಖಗೋಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಕಥೆ ಚಿತ್ರಿತವಾಗಿದೆ. ಜೊಡೀ ಫ್ಲಾಸ್ಟರ್ ತನ್ನ ಕಿವಿಗೆ ಹೆಡ್‌ಫೋನ್‌ಗಳನ್ನಿರಿಸಿಕೊಂಡು ದೊಡ್ಡ ಆಂಟೆನಾಗಳ ಸಾಲಿನ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅನ್ಯಲೋಕಗಳಿಂದ ಬರುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಏಕಾಗ್ರತೆಯಿಂದ ಆಲಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ಚಲನಚಿತ್ರದ ಒಂದು ದೃಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆ ಪೀಳಿಗೆಯ ಹಲವರಿಗೆ ಇದು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಮೊದಲನೆಯ, ಬಹುಶಃ ಏಕಮೇವ, ಪರಿಚಯವಾಗಿದ್ದಿರಬೇಕು ಎನಿಸುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಹಾಲಿವುಡ್ ಚಿತ್ರದ ಮೂಲಕವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಹಾಗೆಯೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನರಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಅಲ್ಪ ಪರಿಚಯವಿದ್ದೇ ಇತ್ತು ಎಂಬುದು ಇನ್ನೂ ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿ.

ಚಿತ್ರ 1. Contact' ಚಲನಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಡಾ. ಎಲಿನಾರ್ ಆರೋವೆ ಅವರ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದ ಜೂಡೀ ಫ್ಲಾಸ್ಟರ್ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ ಯು.ಎಸ್.ಎ.ನಲ್ಲಿರುವ 'Very Large Array'. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರದೊಂದಿಗೆ ನಿರೂಪಿಸಿರುವಂತೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಹೆಡ್‌ಫೋನುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಅಥವಾ ಇನ್ನಿತರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ (Extra-terrestrial) ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು 'ಆಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ'. ಈ ಚಿತ್ರವು ಚಲನಚಿತ್ರದಿಂದ ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಒಂದು ಸ್ತಬ್ಧ ಚಿತ್ರ.

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಮುದಾಯ ಚಿಕ್ಕದು ಹಾಗೂ ನಿಗೂಢವಾದುದು. ರೇಡಿಯೋ ಅಸ್ಟ್ರಾನಮಿ ಕಮೀಷನ್ ಆಫ್ ದಿ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯಾಷನಲ್ ಅಸ್ಟ್ರಾನಮಿ ಯುನಿಯನ್ ಎಂಬ ಸಂಘವು ಕೆಲವು ನೂರು ಸದಸ್ಯರನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿದೆ. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಇಂಥವರ ಸಂಖ್ಯೆ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ. ಆದರೆ ಮನು ಜೋಸೆಫ್‌ರವರ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತ 'Serious Men' ಎಂಬ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾದಂಬರಿ ಭಾರತೀಯ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸುವ ಏಕೈಕ ಕೃತಿಯಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಮುದಾಯ ಸಣ್ಣದಾದರೂ ಜನಪ್ರಿಯ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಾತಿನಿಧ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ! ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಆಕರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಭಾಗಶಃ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೂ SETIಗೂ ಏನು ಸಂಬಂಧ? SETIನೊಂದಿಗೆ ತೊಡಗಿರುವ ಅಲ್ಪಮಂದಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲ ಎನ್ನಬಹುದು. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇದಕ್ಕೂ SETI ಗೂ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುವುದು ಉತ್ತಮ ಪ್ರಥಮ ಸೋಪಾನ.

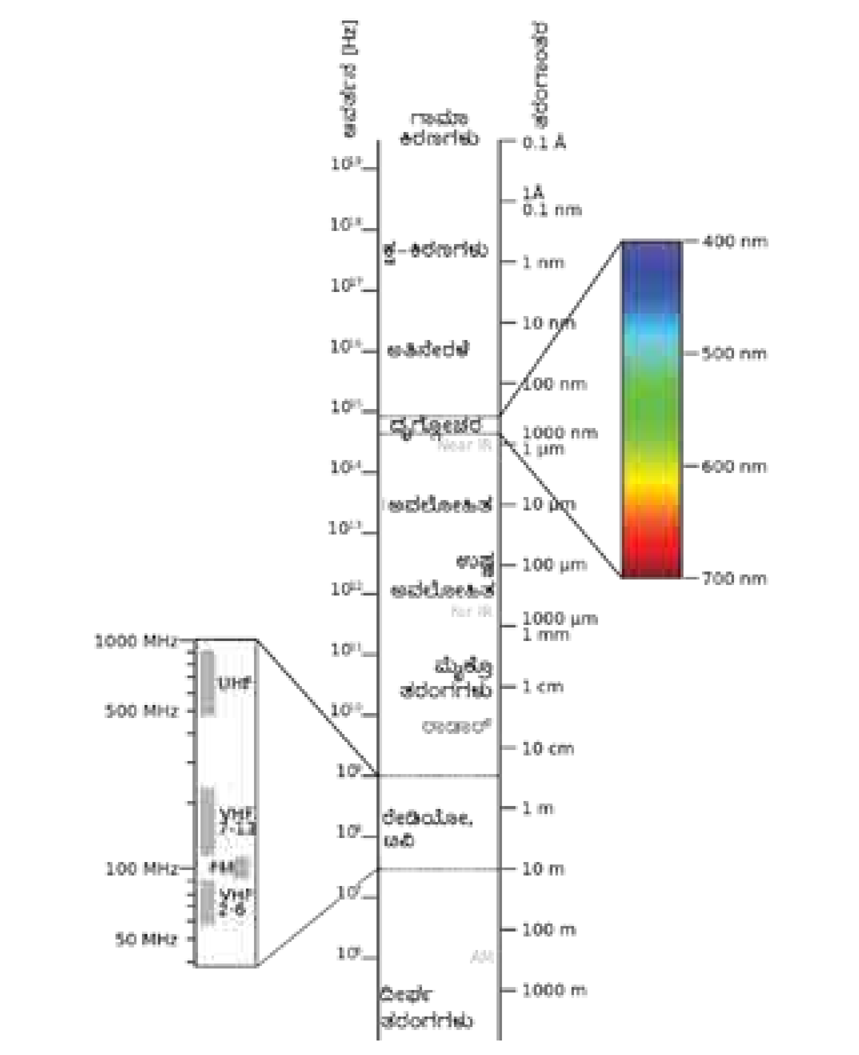
ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಅನ್ಯಲೋಕಗಳ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ (SETI)

ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದೇ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ. ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಒಂದು ವಿಧದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಾಗಿವೆ; ನಮಗೆ ಚಿರಪರಿಚಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳು. (**ಬಾಕ್ಸ್ 1** ನೋಡಿ). ನಾವೆಲ್ಲರೂ ನಮಗೆ ಅರಿವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಸಹ ಪ್ರತಿದಿನ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ). ಆದರೆ ಈ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೂ ಏನು ಸಂಬಂಧ?

ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಗೋಚರ ಬೆಳಕನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಮಾನವನ ಕಣ್ಣುಗಳು ಸಂವೇದಶೀಲವಾಗಿರುವುದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಒಂದು ವಿಧವಾಗಿರುವ ಬೆಳಕಿಗೆ ಮಾತ್ರ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತಿತರ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳು ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು – ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳವರೆಗೆ– ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ. ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ, ಸಾಕಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ಉಪಕರಣಗಳಿದ್ದರೆ ಆಕಾಶವನ್ನು ಈ ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಂದಲೂ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದು ಪುನಃ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಒಡ್ಡುವುದು.– ಹೇಗೆ

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಿಧಗಳಿವೆ

ಇವು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದದಷ್ಟು ಇರುವ ರೇಡಿಯೋ–ತರಂಗಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾದ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳವರೆಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸುವುವು. ನಮಗೆ ಬಹಳ ಪರಿಚಿತವಾದ ಗೋಚರ ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವಾಗಿದ್ದು ಸಂಪೂರ್ಣ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ವ್ಯಾಪಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 2. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತ: ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುವುವು. ಆದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಧದ ತರಂಗಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುದು. ಹಾಗಾಗಿ ದೀರ್ಘತಮ ತರಂಗಾಂತರದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಅಲ್ಪತಮ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿದ್ದು ಅಲ್ಪ ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳೂ ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿರುವುವು. ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಅಲ್ಪ ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು(X-Rays) ಚರ್ಮ, ಮಾಂಸಖಂಡಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿವೆಯಾದರೂ ಮೂಳೆಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಲಾರವು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಕ್ಷ–ಕಿರಣದ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೂಳೆಗಳು ಛಾಯಾಫಲಕದ ಮೇಲೆ ನೆರಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುವು.

Source: Victor Blacus, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic-Spectrum.svg. License: CC-BY-SA.

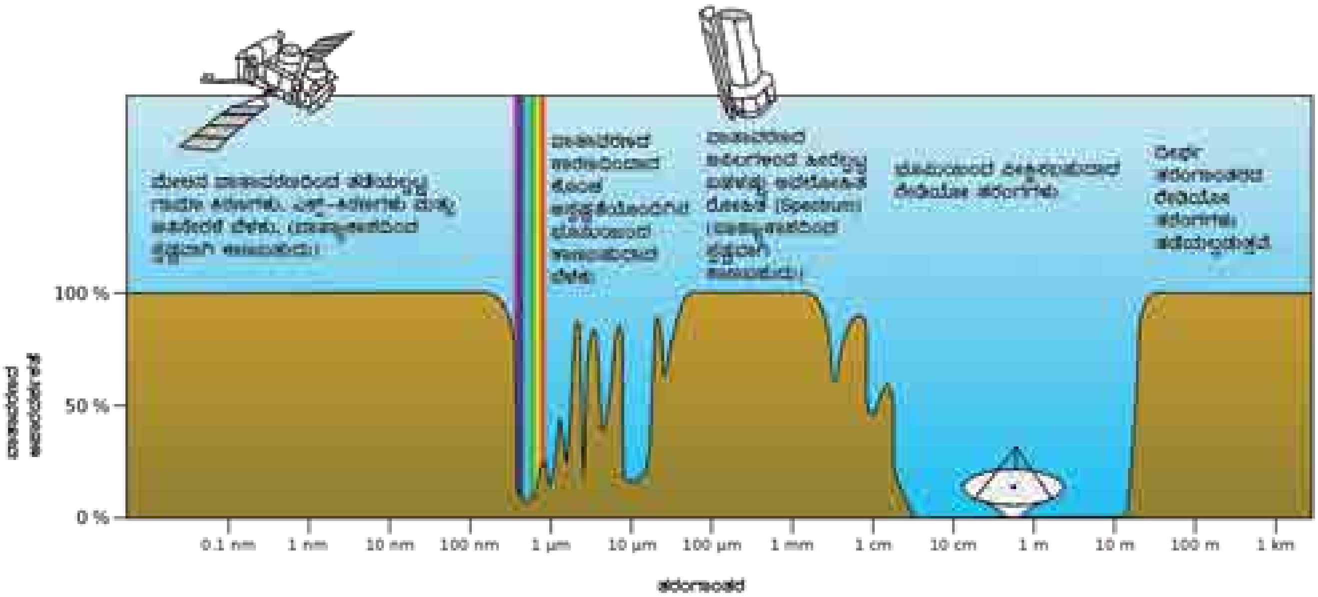
ಬಾಕ್ಸ್ 2. ದಿನನಿತ್ಯದ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಾವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವೆವು.

FM ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತಗಳು (3ಮೀ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ), ಹಾಗೂ ಮೊಬೈಲ್ ಫೋನ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು (ಸುಮಾರು 30 ಸೆಂ.ಮೀ ತರಂಗಾಂತರವಿರುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ) ಒಯ್ಯುವುದರಿಂದ ಹಿಡಿದು ಟಿವಿ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು (ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ಕೇಂದ್ರಗಳು 50 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿದರೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಕೆಲವು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ) ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವವರೆಗೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಒಲೆಗಳು (Microwave Oven) ಕೂಡ ಆಹಾರವನ್ನು ಬಿಸಿ ಮಾಡಲು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಳನ್ನು (ಕೆಲವು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳವು) ಬಳಸುವುವು ಎನ್ನುವುದು ಗಮನಾರ್ಹ.

ಏಕಾದರೂ (ಭೂಮಿಯ ನಿವಾಸಿಗಳು) ಮಾಡಬೇಕು? (ನಾವು ಮುಂದೆ ನೋಡುವಂತೆ) ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳನ್ನೇ ಆಧರಿಸಿದ ವಿಶ್ವದ ಅಧ್ಯಯನವು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವುದರ ಪರಿಮಿತ ಅರಿವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೊಡುವುದು ಎಂಬ ಉತ್ತರ ಸಿಗುವುದು. ಕುರುಡರು ಮತ್ತು ಆನೆಯೂ ಎಂಬ ಕಥೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಕುರಿತ ಸಂಪೂರ್ಣ ತಪ್ಪು ಚಿತ್ರಣ ದೊರಕಬಹುದು. ವಿಶ್ವದ ಸಮೃದ್ಧತೆ ಮತ್ತು ವೈವಿಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಅರಿಯಬೇಕಾದರೆ ಅದನ್ನು ಎಷ್ಟು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಇದು ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಒಡ್ಡುವುದು – ಈ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯವೇ ಆದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಹೆಚ್ಚುಗಾರಿಕೆಯಾದರೂ ಏನು? ಆಕಾಶವನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಗಮನಿಸವುದರ ದೊಡ್ಡ ಅನುಕೂಲವೆಂದರೆ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲವು ಈ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರುವುದು. ಅನ್ಯ ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಬರುವ ರೇಡಿಯೋ ವಿಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ತಲುಪಬಲ್ಲವು ಎಂದು ಇದರ ಅರ್ಥ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಂಥಹ ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಲುಪುವುದಕ್ಕೆ ಮುನ್ನವೇ ಹೀರಲ್ಪಡುವುವು. (**ಚಿತ್ರ 3** ನೋಡಿ) ಇದು ನಮಗೆ ಒಳ್ಳೆಯದೇ ಆಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಿಕಿರಣಗಳು ಜೀವರಾಶಿಗಳಿಗೆ ಹಾನಿಕರ. ಖಗೋಳತಜ್ಞರಿಗೆ ಇದು ಮಿಶ್ರಿತ ವರವಿದ್ದಂತೆ–ಭೂಮಿಯು ಖಗೋಳತಜ್ಞರಿಗೆ ಆಶ್ರಯತಾಣವಾಗಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯುತ ವಿಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಾಯುಮಂಡಲದ ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗೋಳದ (Ionosphere) ರಕ್ಷಣೆಯಿರುವ ನಾವೆಷ್ಟು ಭಾಗ್ಯವಂತರು ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು ಇದೇ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಸಾಕಷ್ಟು ದುಬಾರಿಯಾದ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಆಶ್ರಯಿಸಬೇಕಾಗುವುದು!

ಕೇವಲ ಭೂಮಿಯ ವಾಯುಮಂಡಲವಷ್ಟೇ ರೇಡಿಯೋ–ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿಲ್ಲ. ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಬಹುಭಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿವೆ. ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಾಗಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಅವಕಾಶವು (Space) ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅವು ಬೆಳಕನ್ನು ಚದುರಿಸುತ್ತವೆ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಕೂಡ. ಆದರೆ ಅವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ. ರೇಡಿಯೊ ತರಂಗಗಳು ನಕ್ಷತ್ರ ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾದ ಬಾನಿನ ಆಳವನ್ನು ಇಣುಕಿ ನೋಡಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುವುವು. SETI ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಲು ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣಗಳಲ್ಲಿ ಇದೂ ಒಂದು:



ಚಿತ್ರ 3. ವಾತಾವರಣದ ಅಪಾರದರ್ಶಕತೆಯು(Opacity) ತರಂಗಾಂತರದ ಒಂದು ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದೆ. ವಾಯುಮಂಡಲವು (ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗೋಳ) ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತದ (Spectrum) ಬಹುಪಾಲು ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಬಹುತೇಕ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಪಾರದರ್ಶಕ. ಈ ವಾಯುಮಂಡಲವು ದೃಗ್ಗೋಚರ (ಅಂದರೆ ಮಾನವನ ಕಣ್ಣು ಸಂವೇದನಶೀಲವಾಗಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಗೋಚರ ಬೆಳಕು) ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಳಿಗೆ (ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ತರಂಗಗಳು) ಮಾತ್ರ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದೆ. ದೂರದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಇತರ ತರಂಗಾಂತರದ ವಿಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಲುಪದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಕಳಿಸಿದ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುವ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ಇದು ಬಹಳ ದುಬಾರಿ.

Source: Mysid, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_window#/media/File:Atmospheric_electromagnetic_opacity.svg.
License: Public Domain.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಸೂಚನೆಗಳವೆಯೇ ಎಂದು ನೋಡಲು ಬೇರಾವ ಅನ್ವೇಷಕ ಸಾಧನವೂ ಸಹ ಸಹಾಯ ಮಾಡದು. ಆದರೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗವು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ನಾಗರಿಕತೆಯ ಆಂತರಿಕ ಮಾತುಗಳನ್ನು ಗುಟ್ಟಾಗಿ ಆಲಿಸಲು ಮುಂದಾದರೆ ಹಾಗೂ ನಮಗೆ ಏನಾದರೂ "ಕೇಳಿಸುವುದೇ" ಆದರೆ ಅದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಕವೇ. ಅಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಾದ ಈ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಸಾಂಕೇತಿಕ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಅಗ್ಗದ್ದೂ ಆಗಿದೆ. SETI ಗೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಆಸಕ್ತಿಯ ಕೇಂದ್ರ ಬಿಂದು ಆಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರಣ ಇದಾಗಿದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಬಹುದೂರ ಸಂಪರ್ಕವು ನಿಜಕ್ಕೂ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದಿಂದಲೇ ಪ್ರಾರಂಭವಾಯಿತು. ಸಂಪರ್ಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿತು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ.

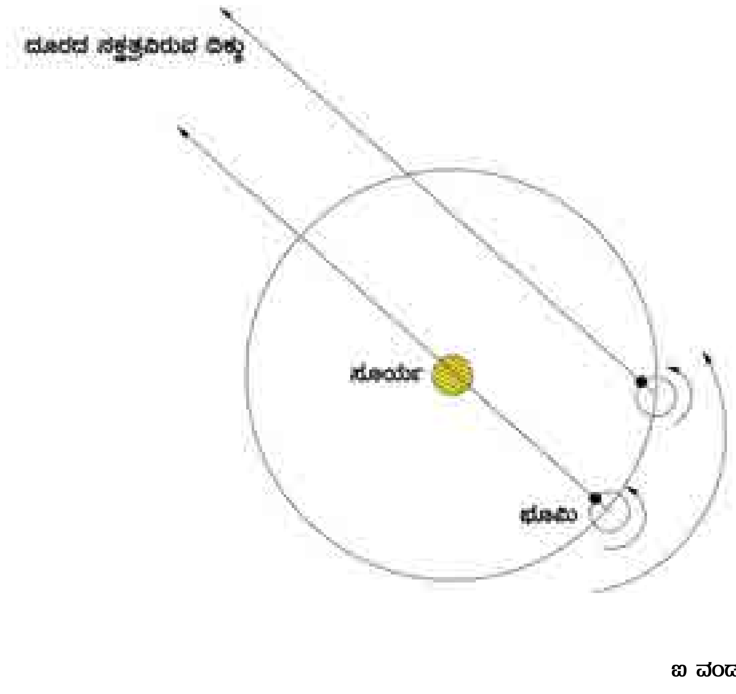
ರೇಡಿಯೋ ಸಂಪರ್ಕ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಹುಟ್ಟು

1930ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಅಟ್ಲಾಂಟಿಕ್ ಸಾಗರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಿದ ಸಂಪರ್ಕವು ಇನ್ನೂ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿತ್ತು. ಅಟ್ಲಾಂಟಿಕ್ ಸಾಗರದಾಚೆಗಿನ ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಕಂಪೆನಿಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕಗಳು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದ ಗದ್ದಲದ (NOISE) (ರೇಡಿಯೋ, ಟೆಲಿಫೋನ್ ಇತ್ಯಾದಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಳಿಸುವ ಕೊರಕೊರ ಸದ್ದು) ವಿವಿಧ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಅಲ್ಲದೆ ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಅವನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲೂ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮಾನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಕಂಪೆನಿಯು ತನ್ನ ತಂತ್ರಜ್ಞರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರಾದ ಕಾರ್ಲ್‌ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿ ಎಂಬಾತನಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಪರ್ಕ 'ಗದ್ದಲ'ದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಕೆಲಸವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಸಿತು. ಅತ್ಯಂತ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ವೀಕ್ಷಕನಾದ ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿಯು ಎಚ್ಚರದ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಮತ್ತು ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ತಾನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಗದ್ದಲವನ್ನು 3 ವಿಧವಾಗಿ ವರ್ಗೀಕರಿಸಿದನು: 1) ಸಮೀಪದ ಗುಡುಗು, ಸಿಡಿಲಿನ ಮಳೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಗದ್ದಲ 2) ದೂರದ ಗುಡುಗು, ಸಿಡಿಲಿನ ಮಳೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಗದ್ದಲ 3) ಮೂಲ ತಿಳಿಯದ ಗದ್ದಲ.

ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ತನ್ನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಾ ಮೂರನೇ ವಿಧದ ಗದ್ದಲವು 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷಗಳ ಆವರ್ತನವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದು ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತು ಸುತ್ತಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದೆ. ಈ ಮಾಹಿತಿ ಈ ಗದ್ದಲದ ಮೂಲ ಸೌರವ್ಯೂಹದಿಂದ ಬಹುದೂರದಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಿತ್ತು. (ನೋಡಿ **ಬಾಕ್ಸ್ 3**). ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ಕೈಗೊಂಡ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಹಾಗೂ ದೃಕ್‌ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದಿದ್ದ ಮಾಹಿತಿಯೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ತಾನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಕೇಂದ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲತಮವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಒಂದು ಅನ್ಯ ಆಕಾಶ ಕಾಯದಿಂದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ–

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತು ಹಾಕಲು ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ದಿನಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಸಮಯ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು

ಒಂದು ದಿನ ಎಂದರೆ 24 ಗಂಟೆ ಎಂದು ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಲೋಚಿಸುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಈ ಸಮಯವು ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಸುತ್ತನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಬೇಕಾದ ಕಾಲವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುತ್ತಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಒಂದು ದಿನವು (ಇನ್ನೂ ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿಯಾದರೆ ಒಂದು ಸೌರದಿನವು) ಒಂದು ಮಧ್ಯಾಹ್ನದಿಂದ (ದಿಗಂತದಿಂದ ಸೂರ್ಯನು ಅತ್ಯಧಿಕ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಸಮಯ) ಮುಂದಿನ ಮಧ್ಯಾಹ್ನದವರೆಗಿನ ಸಮಯ ಒಂದು ದಿನ. ಇದು ಕೊಂಚ ಅಧಿಕ ಸಮಯ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು (ಸುಮಾರು 4 ನಿಮಿಷಗಳು) (**ಚಿತ್ರ 4** ನೋಡಿ). ಆದ್ದರಿಂದ 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷಗಳ ಆವರ್ತನವು (ನಾಕ್ಷತ್ರಿಕ ದಿನವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ)ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ದೂರದ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ವಿಶೇಷಗುಣವೇ ಆಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 4. ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆ.

ಸೂಚಿಸಲಾಗಿರುವ ಎರಡೂ ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತನ್ನು ಮುಗಿಸಿದೆ. (ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ಸ್ಥಳವು ಪುನಃ ಮೊದಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಮುಖಮಾಡಿದೆ). ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ಸ್ಥಳ ಮೊದಲನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನತ್ತ ಮುಖ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿದೆ. ಆದರೆ ಎರಡನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಎರಡನೆಯ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲಿನ ತನ್ನ ಪಥದಲ್ಲಿ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿದ್ದು ಪುನಃ ಆ ಜಾಗದ ನೆತ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ನೇರವಾಗಿ ಸೂರ್ಯನು ಬರಬೇಕಾದರೆ ಅದು ಇನ್ನೂ ಕೊಂಚ ತಿರುಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಸೌರದಿನವು ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತಲು ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯಕ್ಕಿಂತ ಕೊಂಚ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ದೂರದ ಕಾಯಗಳಿಂದ (ಅಂದರೆ ಭೂಮಿಯಷ್ಟೆ– 23 ಗಂಟೆ 56 ನಿಮಿಷ– ಆವರ್ತನ ಹೊಂದಿರುವ ಕಾಯಗಳು) ಮತ್ತು ಸಮೀಪದ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತಿರುವ ವಿಸರಣ (Emission) ಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ ಎಂದು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದಿಂದ ಮನಗಾಣಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಕೃಪೆ: ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಬೆಂಗಳೂರ್ License: CC-BY-NC.

ತರಂಗಗಳ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆ ಇದಾಗಿತ್ತು. ಸಾರ್ವಜನಿಕರು ಇದನ್ನು ಆಸಕ್ತಿಯಿಂದ ಗಮನಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್ ಟೈಮ್ಸ್ ಮತ್ತು ಇತರ ವೃತ್ತ ಪತ್ರಿಕೆಗಳು ಮೊದಲ ಪುಟದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದವು. ಆದರೆ ವೃತ್ತಿಪರ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಇದಕ್ಕೆ ಗಮನ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರವೇ. ಇದಕ್ಕೆ ಭಾಗಶಃ ಕಾರಣವೆಂದರೆ ದೃಕ್‌ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಖಗೋಳತಜ್ಞರ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕಿಂತ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೇರೆಯದೇ ಆಗಿತ್ತು. ದೃಶ್ಯ ಉಪಕರಣ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಸಮುದಾಯವು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರಾಗಲು ತರಬೇತಿಗೊಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅಪಾರ ಪರಿಶ್ರಮದ ಅಗತ್ಯವಿತ್ತು. (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನವು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಉಪ–ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರ ನಡುವಣ ವಿಭಜನೆ ಇಂದಿಗೂ ಮುಂದುವರೆದಿದೆ.) ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರಣವೂ ಇದೆ. ಜಾನ್‌ಸ್ಕಿಯ ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಹೊಸದಾದ ಮತ್ತು ನಷ್ಟ ಸಂಭವವುಳ್ಳ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಧನಸಹಾಯ ಒದಗಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾಗಿದ್ದ ಅಮೇರಿಕಾದ ಮಹಾ ಆರ್ಥಿಕ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನ (Great Depression) ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ದ್ವಿತೀಯ ಮಹಾ ಯುದ್ಧದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲವಾದ ರೆಡಾರ್ ರಕ್ಷಣಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಅಗತ್ಯದಿಂದಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ದಿಢೀರ್ ಎಂದು ಅಪಾರವಾದ ಪ್ರಗತಿ ಕಂಡು ಬಂತು. ಯುದ್ಧದ ನಂತರ ಕೆಲವು ರೆಡಾರ್ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಇಂಜಿನಿಯರ್‌ಗಳು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಬಳಸಿದರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬಹುಬೇಗನೇ ಸೂರ್ಯ ಕೂಡ ಆಕಾಶ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಉಜ್ವಲ ಮೂಲಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಂಬ ವಿಷಯ ತಿಳಿದು ಬಂತು. ಅಲ್ಲದೆ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಆಕಾಶವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

ವಿಶ್ವದ ಅನಾವರಣ – ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಏನು ನೋಡುವುವು?

ರಾತ್ರಿಯ ಆಕಾಶದ ಅತ್ಯಾಕರ್ಷಕ ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಎಲ್ಲಡೆಯೂ ಹರಡಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ. ಸೂರ್ಯನು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಪ್ರಬಲ ಮೂಲ ಎಂಬ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳು 'ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು' ಎನ್ನುವ ಒಂದು ವಿಧದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದವೆಂಬ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇತ್ತು. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಷೀಣ (**ಬಾಕ್ಸ್ 4 ನೋಡಿ**); ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾದ ಬಹುತೇಕ ಮೂಲಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೆ ಅವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದದ್ದಾದರೂ ಏನು?

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು. ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅಲ್ಪ ಕೋನೀಯ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು (Resolution) ಹೊಂದಿದ್ದವು. (**ಬಾಕ್ಸ್ 7 ನೋಡಿ**). ಇದರಿಂದಾಗಿ ದೃಕ್‌ಬಿಂಬಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಮೂಲಗಳೊಂದಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡ ತಾಳೆ (Cross- identify) ಮಾಡಿ ನೋಡಲು ಕಷ್ಟವಾಗಿತ್ತು. ಆದಾಗ್ಯೂ, 1962 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಮೂಲಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ 3C273 ಎಂಬುದರ ನಿಖರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಾರ್ಕಿಸ್ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಈ 3C273 ಆಗಾಗ ಚಂದ್ರನಿಂದ ಮರೆಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ (ಗ್ರಹಣ) ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಈ ಗ್ರಹಣದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ 3C273ಯ ಪ್ರಖರತೆ ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಎಂಬುದರ ಎಚ್ಚರದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಚಂದ್ರನ ಅಂಚು

> **ಬಾಕ್ಸ್ 4. ನಾಕ್ಷತ್ರಿಕ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರಣಗಳು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವ ವಿಸರಣಗಳಿಗಿಂತ ಕ್ಷೀಣವಾದುವು.**
>
> ಸೂರ್ಯನಿಂದ ನಮಗಿರುವ ದೂರ ಮತ್ತು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಇರುವ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ನಮಗೆ ಅತಿ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವೇ ಸೂರ್ಯನಿಗೂ ನಮಗೂ ಇರುವ ಅಂತರದ 300,000 ಪಟ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಪಕ್ಷ ಈ ನಕ್ಷತ್ರ ಸ್ವಭಾವತಃ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನಷ್ಟೇ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಆಗ ಅದು 90 ಶತಕೋಟಿ ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಕಾಣಬರುವುದು. ಈ ಅಂದಾಜಿನಿಂದ ಅವು ಆರಂಭಿಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾರದಷ್ಟು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿದ್ದವು.

ಆ ಮೂಲವನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವ ಆ ಕ್ಷಣವನ್ನು ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಈ ಹಿಂದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ದೃಕ್‌ಬಿಂಬಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತಿದ್ದ ರಹಸ್ಯಮಯ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಅಚ್ಚರಿಯೆಂದರೆ ಆ ಮೂಲವು ಅಷ್ಟೇನೂ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಲ್ಲದ ನಕ್ಷತ್ರದಂತಹ ಕಾಯವಾಗಿತ್ತು. ಹಾಗಾದರೆ, ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಒಂದು ವಿಧದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನೇನಾದರೂ ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತಿದ್ದವೆ?

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಶಿಮಿಟ್ ಎಂಬ ಖಗೋಳತಜ್ಞ ನಕ್ಷತ್ರದಂತಿದ್ದ 3C273 ರ ರೋಹಿತವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದನು (**ಬಾಕ್ಸ್ 5 ನೋಡಿ**). ನಕ್ಷತ್ರವು ಉಂಟುಮಾಡುವ ರೋಹಿತದ ವಿಧವು ಅದರ ಸಂರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನೆರವಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೂರ್ಯನ ರೋಹಿತವು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಸ್ಫುಟ ವರ್ಣವನ್ನು (ರೋಹಿತ ರೇಖೆ) ಹೊಂದಿರುವುದು. ಇದು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿರುವ ಹೀಲಿಯಂನಿಂದ ಉಂಟಾದುದು. (ಸೂರ್ಯನ ರೋಹಿತದ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಗುರುತಿಸಿದ್ದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಈ ಹೆಸರು ಬಂದಿದೆ). 3C273 ರ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳಿದ್ದವು. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದವುಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಹೊಂದಲಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದ ಚಕಿತನಾದ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಶಿಮಿಟ್ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರೇಖೆಗಳೊಳಗೆ ತಾಳೆ ಆಗುತ್ತಿವೆ. ಆದರೆ ಅವೆಲ್ಲವೂ 15.8% ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಏಕಾಏಕಿ ಮನಗಂಡನು! ಆಕಾಶ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕು ಅಧಿಕತರ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುವುದನ್ನು (ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ, Red Shift) ಹಲವು ದಶಕಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿತ್ತು ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಹಾಗೆ ಆಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿತ್ತು. 3C273ರ ತರಂಗಾಂತರದ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ರೋಹಿತವು ಈ ಹಿಂದೆ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟಗಳಿಗಿಂತ ಬೃಹತ್ತಾಗಿತ್ತು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಇದರ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳು ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟಗೊಂಡ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಬರುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲು ಹಲವು

ಬಾಕ್ಸ್ 5. ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಅವು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ರೋಹಿತದ ಪ್ರಭೇದವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆವು.

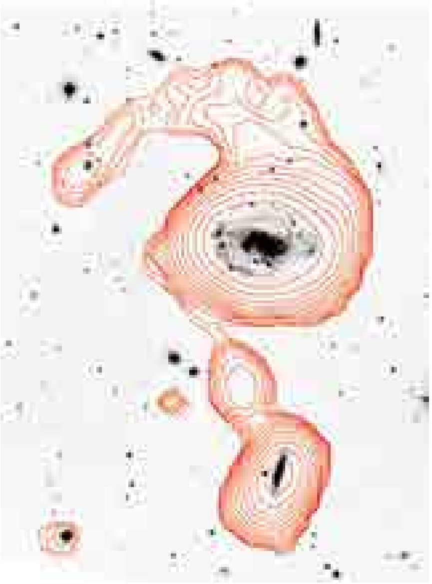
ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕು (White light) ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳ ಬೆಳಕುಗಳ ಸಮ್ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಪಟ್ಟಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿ ಅದರ ಘಟಕ ವರ್ಣಗಳನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. (ಸಿ.ಡಿ ಅಥವಾ ಡಿವಿಡಿ ಯನ್ನು ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಾಗ ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು). ಘಟಕ ವರ್ಣಗಳಾಗಿ (ಅಥವಾ ತರಂಗಾಂತರಗಳಾಗಿ, ಏಕೆಂದರೆ ವಿಭಿನ್ನ ವರ್ಣಗಳು ವಿಭಿನ್ನ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುವು). ಆಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಈ ವಿಭಜನೆಯನ್ನು ರೋಹಿತ (Spectrum) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ವಸ್ತುಗಳ ರೋಹಿತವು ಅದರ ಘಟಕಾಂಶಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಬಾಣಬಿರುಸುಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣುವ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣ ಅವುಗಳ ಪುಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಣ ಮಾಡಿರುವ ವಿವಿಧ ಮೂಲಧಾತುಗಳು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತು ಬೇರೆಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರದ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ.

ಕಾಲವೇ ಬೇಕಾಯಿತು. ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ, 1962 ರವರೆಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ದೂರದ್ದಾಗಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ, ನಮಗೆ ತಿಳಿದ ಎಲ್ಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿತು. ಇಂದು 3C273 ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವಲ್ಲ ಬದಲಾಗಿ ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ ಬಿಲಿಯಾಂತರ ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಕಪ್ಪುಕುಳಿ (Black Hole) ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಕಪ್ಪುಕುಳಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯವು ನುಂಗಲ್ಪಡುವ ಮುನ್ನ ಶಾಖಗೊಂಡು ಅಧಿಕಾಧಿಕ ತಾಪವನ್ನು ತಲುಪುವುದು. ಆಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಬಹುತೇಕ ಸಮವಾಗಿರುವ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಯ ಧಾರೆಯನ್ನು ಅದು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದು. ಈ ಧಾರೆಯಲ್ಲಿರುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯವೇ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ರೇಡಿಯೋ ವಿಸರಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಈಗ ನಾವು ರೇಡಿಯೋ–ನಿಹಾರಿಕೆ (Radio-galaxy) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಸ ವಿಧದ ಕಾಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದರು. ವಿಶ್ವವನ್ನು ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಹೇಗೆ ಅದು ಆಶ್ಚರ್ಯಜನಕ ಹೊಸ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಿಗೆ ದಾರಿ ಮಾಡುವುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಷ್ಟೆ. ಹೊಸ ವೀಕ್ಷಣಾ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ತೆರೆಯುತ್ತಿದಂತೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಬಾರಿ ವಿಚಿತ್ರವೂ, ಹೊಸದೂ ಆದ ಕಾಯಗಳ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನವು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಿದ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಮಧ್ಯದ ಅತಿ ಬೃಹತ್ತಾದ ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಮಾತ್ರವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಸ್ಪಂದತಾರೆಗಳು (Pulsars), ಪರಮಾಣು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳಷ್ಟೇ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ, ಆದರೆ ಕೆಲವು ಕಿಲೋಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳುಳ್ಳ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನು ಹೊಂದಿರುವಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳು) ಮತ್ತು ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣ (Cosmic Microwave Background Radiations), (ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಘಟಿಸಿದಾಗ ವಿಶ್ವವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಒಟ್ಟಿಗೇ ಸೇರಿ ತಟಸ್ಥ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗುವಷ್ಟು ತಂಪಾದ ಸಮಯದ ಪಳೆಯುಳಿಕೆ ವಿಕಿರಣಗಳು)–ಇವುಗಳನ್ನೂ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಹರಡಿಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲವೂ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಪ್ರಬಲ ಮೂಲವಾಗಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಎಲ್ಲಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಈ ಅನಿಲದ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುವು. ಇವು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ (**ಚಿತ್ರ 5** ನೋಡಿ). ಇದು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿರುವ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿಧದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಅಗತ್ಯವಿದೆ ಎಂಬ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 6. ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಪಲ್ಲಟವು ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಬಹು ದೂರದ ಮೂಲದಿಂದ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಡುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವೂ ಹಿಗ್ಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಾವು ಕಟ್ಟಕಡೆಯದಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಮೂಲತಃ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ದೀರ್ಘವಾಗಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟ ಎನ್ನುವೆವು. ಏಕೆಂದರೆ, ಈ ಪಲ್ಲಟವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ದೀರ್ಘತರ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಅಥವಾ ಕೆಂಪುಬಣ್ಣದತ್ತ ಉಂಟಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 5. ದೃಕ್ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಭಿನ್ನ ಮುಖಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಬಿಳಿ ಬಿಂಬವು ಒಂದು ದೃಶ್ಯಬಿಂಬ (ಅಂದರೆ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ಬಿಂಬ). ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಹೊಳೆಯುವುವು. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತಿರುವುದು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿನ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನ. ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನು (ಫಿಲಂ ಅನ್ನು ನೆಗೆಟಿವ್ ಮಾಡಿದಂತೆ) ವಿಪರ್ಯಯಗೊಳಿಸಿದ್ದು ಕಪ್ಪು ಛಾಯೆಯ ಸ್ಥಳಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶಮಯ ಸ್ಥಳಗಳು. ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ, ಈ ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ತಕ್ಕಷ್ಟು ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಿವೆಯಲ್ಲದೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರಿಬರುತ್ತಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಇಟ್ಟಂತಿರುವ ಕೆಂಪುರೇಖೆಗಳು GMRT ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದ ಬಿಂಬದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತಿರುವ ರೇಖೆಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಅನಿಲದ (ಜಲಜನಕದ) ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಈ ಕೆಂಪು ರೇಖೆಗಳು ನಮಗೆ ಬೇರೆ ಕಥೆಯನ್ನೇ ಹೇಳುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅನಿಲವು ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ನಡುವಣ ಸೇತುವೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ ಹಾಗೂ ಒಂದು ಬಾಲವು ದೊಡ್ಡ ನಿಹಾರಿಕೆಯಿಂದ ಹೊರಚಾಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಖಚಿತವಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿವೆಯೆಂದೂ, ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ಸೇರಿಹೋಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ಸೂಚಿಸುವುದು. (ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕಾಗಿ ಜೂನ್ 2016 ರ '**ಐ ವಂಡರ್...**' ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಆನಂದ ನಾರಾಯಣ್‌ರವರ "ಬಾಹ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು" ಎಂಬ ಲೇಖನವನ್ನು ನೋಡಿ)

Credits: Jayaram N Chengalur. License: CC-BY-NC.

ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್‌ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ (The Giant Meter-wave Radio Telescope, GMRT)

1960ರ ದಶಕ–ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಲಬ್‌ಗೆ ಭಾರತದ ಸೇರ್ಪಡೆ.

1960ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಉದಕಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ (Hn) ಬೆಟ್ಟವೊಂದರ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ (Ooty Radio Telescope. ORT) ಭಾರತದ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಮುಖ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ. ಈ ಕೊಳವೆಯಾಕಾರದ ದೂರದರ್ಶಕದ ಉದ್ದ 530 ಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಅಗಲ 30 ಮೀ. ಮುಂಬೈನಲ್ಲಿರುವ ಟಾಟಾ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಂಡಮೆಂಟಲ್ ರಿಸರ್ಚ್ (TIFA) ಸಂಸ್ಥೆಯ ಪ್ರೊ. ಗೋವಿಂದ ಸ್ವರೂಪ್‌ರವರ ನೇತೃತ್ವದ ತಂಡವು ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿತು. ಈ ORT ಯನ್ನು ಹಲವಾರು ಪ್ರಧಾನ ಅಧ್ಯಯನಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

'ಚಾಂದ್ರ ಆಚ್ಛಾದನೆ'ಯನ್ನು (Lunar Occultation; ಚಂದ್ರನ ಮರೆಮಾಚುವಿಕೆ ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣ) ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸುವುದು, ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಂಡ ಅನಿಲದಿಂದ ಬರುವ ರೋಹಿತರೇಖಾ ಪ್ರಸರಣದ ವೀಕ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವ ಶಕ್ತಿಯುತ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಪ್ರಸರಣದ ಮಾಪನ–ಇವು ಈ ಅಧ್ಯಯನಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಆಧರಿಸಿರುವ ಹಾಗೂ ಪ್ರಬಲ ಸೌರವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಂದ ದುಷ್ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ಪ್ರಸ್ತುತದ ನಮ್ಮ ಸಂಪರ್ಕಯುಗದಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ವಿಧದ ವೀಕ್ಷಣೆಯ (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇದನ್ನು 'ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಹವಾಮಾನ'ದ ಅಧ್ಯಯನ ಎನ್ನುವರು) ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ದಿನೇದಿನೇ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಿದೆ. 30 ವರ್ಷ ಹಳೆಯದಾದರೂ ಸಹ ORT ತಾನು ಕೆಲಸಮಾಡುವ ಆವರ್ತನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗಿರುವ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ORT ನಿರ್ಮಾಣ, ಸುಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇಡುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಬಳಕೆ– ಇವುಗಳು ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಆರೋಗ್ಯಕರ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಕಾರಣವಾದವು.

1990ರ ದಶಕ ಮತ್ತು ಮಹತ್ತರವಾದ ಬೃಹತ್ ದೂರದರ್ಶಕ

1980ರ ದಶಕದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ORT ದೂರದರ್ಶಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿದ್ದರೂ ಅಮೇರಿಕಾದ ವೆರಿ ಲಾರ್ಜ್ ಅರ್‌ರೆ (Very large Array, VLA) ಅಥವಾ ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯಾದ 'ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯಾ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ ಕಾಂಪ್ಯಾಕ್ಟ್ ಅರ್‌ರೆ' (Australia Telescope Compact Array, ATCA) ಇವೇ ಮುಂತಾದ ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಯ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಷ್ಟು ಬಹುಕಾರ್ಯೋಪಯೋಗಿ ಆಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತಾ ಬಂತು. ಊಟಿಯ TIFR ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯವು ಪುನಃ ಪ್ರೊ. ಗೋವಿಂದ ಸ್ವರೂಪ್‌ರವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ 'ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್ ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕ' (GMRT) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾದ ಇನ್ನೂ ದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ವಿನ್ಯಾಸದ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿತು.

ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಬಹಳ ದುಬಾರಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ದೇಶಗಳು ಅವುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಹಣ ವಿನಿಯೋಗಿಸುವುವು. ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಎತ್ತರದ, ಕತ್ತಲಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಮಳೆಯಿಲ್ಲದಂಥ ಪ್ರದೇಶವು ಅವಶ್ಯಕ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಇಂತಹ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಅತಿ ವಿರಳ. ಅಪವಾದವೆಂದರೆ ಹವಾಯ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಮೌನಕಿ ಮತ್ತು ಚಿಲಿಯಲ್ಲಿರುವ ಎತ್ತರದ ಪರ್ವತ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಬಹಳ ದೇಶಗಳು ಈ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುವು.

ಆದರೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು (ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ದೀರ್ಘತರ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುವಂಥವು) ಇಂತಹ ಎತ್ತರದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಪ್ರಪಂಚದ ಬಹಳಷ್ಟು ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಇವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ರೇಡಿಯೋ–ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕೆ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಲು ಮುಖ್ಯ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಆ ಪ್ರದೇಶವು ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ 'ಅಡೆತಡೆಗಳು' (Interference, ಅಂದರೆ, ಮೊಬೈಲ್ ಫೋನುಗಳು, ಮೊಬೈಲ್ ಟವರ್‌ಗಳು, ಟಿವಿ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ)ದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರಬೇಕು.

TIFR ಸಮುದಾಯ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಹಲವಾರು ಸ್ಥಳಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದವು. ಪುಣೆಯಿಂದ ಸುಮಾರು 80 ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಖೊಡಾದ್ ಎಂಬ ಗ್ರಾಮ ಅಂತಹ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶ. ಇಂತಹ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕದ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ತಯಾರಿಕೆಯ ಬೆಂಬಲ ಸಿಗುವ ದೊಡ್ಡ ನಗರವಾದ ಪುಣೆ ಈ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಹತ್ತಿರವೇ ಇತ್ತು. ಹಾಗೆಯೇ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳಿಂದ, ಪುಣೆ ಮತ್ತು ಮುಂಬೈಗಳಲ್ಲಿರುವ ಟಿವಿ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ಆಗಬಹುದಾದ "ಅಡೆತಡೆಗಳನ್ನು" ತಡೆಯುವಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರದೇಶವಿತ್ತು. (ಸುತ್ತಲೂ ಇದ್ದ ಪರ್ವತಗಳೂ ಸಹ ರಕ್ಷಕವಾಗಿದ್ದವು). ಆದರೆ ಈ ಸೌಲಭ್ಯದ ವೆಚ್ಚವೂ ಒಂದು ಸವಾಲೇ ಆಗಿತ್ತು.

ಮಿತವ್ಯಯಕಾರಿ ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಮತ್ತು "ಸ್ಮಾರ್ಟ್" (SMART) ವಿನ್ಯಾಸ

ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಆಂಟೆನಾಗಿಂತ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಖರ್ಚಿನ ಆಂಟೆನಾ ನಿರ್ಮಾಣದ ಒಂದು ನಾವಿನ್ಯಪೂರ್ಣ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಪ್ರೊ. ಗೋವಿಂದ ಸ್ವರೂಪ್ ಮುಂದಿಟ್ಟರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕಡೆಗೂ ಖರ್ಚಿನ ಸಮಸ್ಯೆ ಪರಿಹಾರವಾಯಿತು.

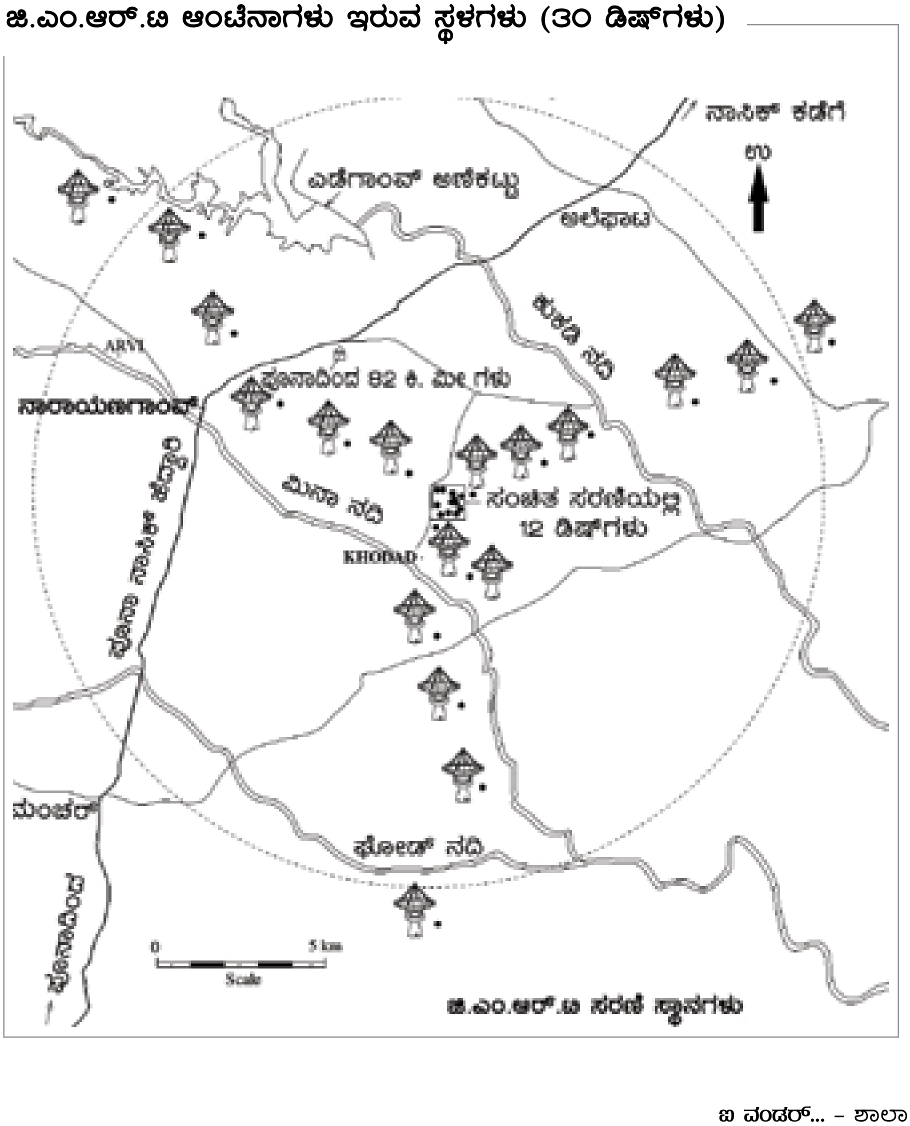
ಬಹುತೇಕ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಈ ಹಿಂದೆ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಲಾದ ಹೊಸ ಮಾದರಿಯ VLA ಮತ್ತು ACTAಗಳಂಥ ದೂರದರ್ಶಕಗಳೂ ಸಹ, ಅಲ್ಪ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುತ್ತಿದ್ದು ಇವುಗಳಿಗೆ ದುಬಾರಿಯಾದ ಘನ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಭಾರತೀಯ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಾರ್ಯನಿರತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿಶ್ವ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದಾದ ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರದ ದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದೇ ಸೂಕ್ತ ಎಂದೆನಿಸಿತು. ಈ ಖಚಿತವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರೊ. ಸ್ವರೂಪರ ವಿನ್ಯಾಸ ತಯಾರಾಯಿತು.

ಕನ್ನಡಿಯು ಯಾವ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವುದೋ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸಣ್ಣ ಅಳತೆಯ ನ್ಯೂನತೆಗಳು ಅದರ

ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಂಶವು ಈ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಗಡುಸಾದ ಕಲ್ಲಿನ ಪ್ರಪಾತವು ಶಬ್ದವನ್ನು (ಈ ಶಬ್ದ ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ) ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪ್ರತಿಧ್ವನಿಸುವುದು. ಆದರೆ ಬೆಳಕನ್ನು (ಇದು ಸಣ್ಣ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ) ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ, ದೀರ್ಘ-ತರಂಗಾಂತರ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗೆ ಸಣ್ಣ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಮೆರುಗುಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈನ ಗುಣಮಟ್ಟವು ಅದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುವಂಥ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದು. ನುಣುಪಾದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಹೊಳಪನ್ನು ನೀಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಅವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಘನವಸ್ತುವೇ ಆಗಿರಬೇಕು ಎಂದರ್ಥ. ಶೀತದೇಶಗಳ ಛಳಗಾಲದಲ್ಲಿನ ಹಿಮದ ಭಾರವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಇಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈ ಅಗತ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ ಅಂತಹ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಇಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಬಲವಾದ ಆಧಾರ ಸಂರಚನೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ತತ್ಫಲವಾಗಿ ಖರ್ಚು ಸಹ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು. ಕಡಿಮೆ ಆವರ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಪುಣೆಯಂಥ ಉಪ-ಉಷ್ಣವಲಯಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳು ಅಪ್ರಸ್ತುತವಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರೊ. ಸ್ವರೂಪ್‌ರವರು ಒಂದು ವಿನ್ಯಾಸದ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದರು. ಅದು ಹೀಗಿತ್ತು-ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಒಂದು ಸರಳ ತಂತಿಯ ಬಲೆ.

ಜಿ.ಎಂ.ಆರ್.ಟಿ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಇರುವ ಸ್ಥಳಗಳು (30 ಡಿಷ್‌ಗಳು)



ಚಿತ್ರ 6. ಪುಣೆಯ ಸಮೀಪದ ಖೊಡಾದ್ ಗ್ರಾಮದಲ್ಲಿರುವ ದೈತ್ಯ ಮೀಟರ್ ತರಂಗ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ಆಂಟೆನಾ (ಗ್ರಾಹಕ)

GMRT ದೂರದರ್ಶಕ ಪ್ರಪಂಚದ ಅತಿದೊಡ್ಡ ರೇಡಿಯೋ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕ (Interferrometer) ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಅದು ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುವ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ದೂರದರ್ಶಕವು ಇದಾಗಿದೆ. 25 ಕಿ.ಮೀ ವಿಸ್ತಾರದಲ್ಲಿ ಹರಡಿರುವ ಇದರ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿ 25 ಕಿ.ಮೀ. ಗಾತ್ರದ ಕನ್ನಡಿಯು ನೀಡುವ ಕೋನೀಯ ಪೃಥಕ್ಕರಣಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುವು.

ಕೃಪೆ: ಬಿ. ಪ್ರೇಮ್‌ಕುಮಾರ್, NCRA-TIFR.

ಸಹಸ್ರಾರು ತಂತಿಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿಸಿ ಒಂದು ಪರವಲಯ (Parabolic) ಆಕಾರದ ತಂತಿಬಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಅದನ್ನು ಹಗುರವಾದ ಆಧಾರ ಸಂರಚನೆಗೆ ಹೊಂದಿಸುವುದು. ಈ ತಂತಿಬಲೆಯು ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಆಕಾರವನ್ನು ತಳೆಯುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತಂತಿಯ ಬಿಗಿತವನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸುವುದು– ಹೀಗಿತ್ತು ಅವರ ವಿನ್ಯಾಸದ ಕಲ್ಪನೆ. ಈ ಹೊಸ ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅವರು SMART (Streched Mesh Attached to Rope Trusses) ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಟ್ಟರು. ಈ SMART ವಿನ್ಯಾಸವು ಖರ್ಚಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಇಳಿಕೆಯನ್ನು ತಂದಿತಲ್ಲದೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿಯೇ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಏಕೆ ನಿರ್ಮಿಸಬಾರದು ಎಂಬ ಆಲೋಚನೆಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿತು.

TIFR ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯಕ್ಕೆ GMRTಯು ಮುಂದಿನ ಒಂದು ದಿಟ್ಟ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾರತಕ್ಕೆ ಅಗ್ರಸ್ಥಾನದ ಭರವಸೆಯೂ ಇದಾಯಿತು. ೯೦ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಈ GMRTಯನ್ನು 2001ರಲ್ಲಿ ಶ್ರೀ ರತನ್ ಟಾಟಾರವರು ದೇಶಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಪಣೆ ಮಾಡಿದರು. ದೂರದರ್ಶಕದ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ನಿರ್ಮಾಣ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಹಲವು ಭಾಗಗಳನ್ನು TIFRನ 'ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ರೇಡಿಯೋ ಅಸ್ಟ್ರೋಫಿಸಿಕ್ಸ್' ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲೇ (GMRT ಅನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡೇ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ್ದು) ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾಯಿತು. ಇನ್ನಿತರ ಉಪ-ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬೆಂಗಳೂರಿನ ರಾಮನ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್‌ನಲ್ಲಿ (RRI) ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿ ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು.

ಈ ದೂರದರ್ಶಕವು 30 ಬೇರೆಬೇರೆ ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಆಂಟೆನಾವು ಒಂದು ಪರವಲಯ ಬೋಗುಣಿಯಾಗಿದ್ದು (Parabolic Dish) 45 ಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ. GMRTಯ ಈ 30 ಡಿಶ್‌ಗಳು 25 ಕಿ.ಮೀ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ಹರಡಿಕೊಂಡಿವೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಆಂಟೆನಾಗಳ ನಡುವೆ ದ್ಯುತಿ ತಂತುಗಳ (opticle fibre) ಮೂಲಕ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಪರ್ಕ ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಎಲ್ಲವೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಾ 25 ಕಿ.ಮೀ. ಅಗಲದ ದೂರದರ್ಶಕವೊಂದು ಹೊಂದಿರುವ ಪೃಥಕ್ಕರಣದೊಂದಿಗೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ (**ಚಿತ್ರ 6** ನೋಡಿ). ಈ ಆಂಟೆನಾಗಳಿಂದ ದೊರಕುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪನ (Interferrometry) ಅಥವಾ ಯವರಂಧ್ರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ (Aperture Synthesis) ಎಂಬ ತಾಂತ್ರಿಕತೆಯಿಂದ ಸಂಯೋಜನೆಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 7** ನೋಡಿ). GMRTಯು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗಿರುವ ಅತಿದೊಡ್ಡ ವ್ಯತಿಕರಣಮಾಪನೀಯ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ (Interferrometric Array) ಒಂದಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಇಂತಹ ಸೌಲಭ್ಯವನ್ನು ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖಗೊಳಿಸಿರುವ ಬೆರಳೆಣಿಕೆಯಷ್ಟು ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರತವೂ ಒಂದು. ಇಂತಹ ಸೌಲಭ್ಯಗಳು VLA ಮತ್ತು T ಗಳಂತೆ (ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಮೇರಿಕಾ ಮತ್ತು ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯಾಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗಿರುವುವು.) GMRT ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ಮಾಡುವ ವೀಕ್ಷಣಾ ಸಮಯದ ಹಂಚಿಕೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವವರ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಸ್ತಾವನೆಯು ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವರಿಷ್ಠ ಪುನರಾವಲೋಕನ (Peer Review) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಅತ್ಯುನ್ನತ ಶ್ರೇಣಿ ಪಡೆದವರಿಗೆ ಸಮಯವನ್ನು ಹಂಚಿಕೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. GMRT ದೂರದರ್ಶಕವು ಪ್ರತಿವರ್ಷ ಸುಮಾರು ನೂರು ವಿವಿಧ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ವಿಶ್ವದ ಬಹುದೂರದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಚೆದರಿಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲದ ಹಂಚಿಕೆ ವಿಸರಣದವರೆಗೆ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಮಯ ಭಾರತದ ಖಗೋಳತಜ್ಞರಿಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತಲಿದ್ದು, ಉಳಿದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಮಯ ಪ್ರಪಂಚದ ಬೇರೆಬೇರೆ ಸ್ಥಳದ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ಎರಡನೇ ಮಹಾ ಯುದ್ಧದ ನಂತರ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾದ ಮೊದಲ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವು ದಾಪುಗಾಲನ್ನು ಇಟ್ಟಿದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ಇರುವ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಪ್ರಥಮ ಪೀಳಿಗೆಯ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಇಂತಹವುಗಳಲ್ಲಿ GMRT ದೂರದರ್ಶಕವೂ ಒಂದು. ಆಧುನಿಕ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಬಹುಮುಖ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, GMRT ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ವಿಸರಣಗಳನ್ನು – 12 ಬಿಲಿಯನ್ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ (ಮೊದಲ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳು ಅಂತರ್ ನಿಹಾರಿಕಾ ಅನಿಲವನ್ನು ಬಿಸಿಯಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅಲ್ಪ ಸಮಯದ ಮುಂಚೆ) ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ವ್ಯಾಪಿಸಿದ ಜಲಜನಕದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿಸರಣಗಳವರೆಗೆ ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಇದುವರೆಗೆ ಮೂರು ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಮಾಡಿದ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳಿಗೆ ಸಂದಿವೆ. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಸಮುದಾಯ ಸಣ್ಣದಾದರೂ ಸಮಾಜದ ಮೇಲೆ ಕೇವಲ ಚಲನಚಿತ್ರ ಮತ್ತು ಕಾದಂಬರಿಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಬೀರಿರುವ ಪ್ರಭಾವ ಅಪಾರ. ಚಿಕ್ಕದಾದರೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಹಯೋಗ ಮತ್ತು ಮುನ್ನೋಟವುಳ್ಳ ಸಮುದಾಯ ಇದಾಗಿದೆ. ತಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಮುಕ್ತಟ್ಟೆಯಾಗಿ ಬಳಸಲು ಅವಕಾಶ ಕೊಡುವ ಕೆಲವೇ ಸಂಶೋಧಕ ಸಮುದಾಯಗಳಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರ ಸಮುದಾಯವೂ ಒಂದಾಗಿದೆ

ಈ ಹಿಂದೆ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಪ್ರಸ್ತಾವನೆಯನ್ನು (ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ತಜ್ಞರ ಸಮಿತಿಯಿಂದ ನಿರ್ಧಾರಿತವಾದ) ಮುಂದಿಟ್ಟ ಯಾರಾದರೂ GMRT ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿ ಭಾರತೀಯ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಬೇರೆ ದೇಶವು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು. ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ವಿವಕ್ತತೆ (Insularity) ಮತ್ತು ಪ್ರತ್ಯೇಕತೆ (isolationism)ಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನೋಡಲು ವಿಶಾಲ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದರ ಅನುಕೂಲತೆಯ ನೈಜ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 7. GMRTಯ 30 ಆಂಟೆನಾಗಳಿಂದ ಬರುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು "ಯವರಂಧ್ರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ" (Aperture Synthesis) ಎಂಬ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಸಂಯೋಜಿಸಲಾಗುವುದು.

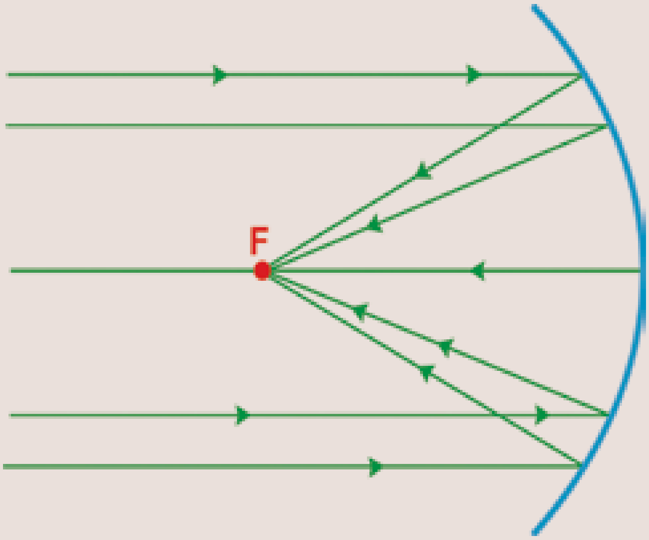
ಸಣ್ಣ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವು ಉತ್ತಮ ಎಂದು ಆಲೋಚಿಸುವುದು ಸಹಜವೇ ಅಲ್ಲವೇ. ಆದರೆ ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕವು ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದು?

ದೂರದರ್ಶಕದ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯ ಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲು ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಮಾನದಂಡಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ಬಹುದೂರದ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳನ್ನು ನೋಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ. (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಹತ್ತಿರವಿರುವ ಎರಡು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದೇ ಅಥವಾ ಒಂದೇ ನಕ್ಷತ್ರದಂತೆ ಕಾಣುವಷ್ಟು ಬಿಂಬವು ಮಸುಕಾಗಿರುವುದೇ?) ಇದನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಎನ್ನುವರು. ಎರಡನೆಯದು, ಮಸುಕಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅದು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ. ಮೂಲವು ದೂರವಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅದು ಮಂಕಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲವು ದೂರದೂರಕ್ಕೆ ಹೋದಷ್ಟೂ ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಮುಖ್ಯವಾಗುವುದು ಎಂಬ ಅರ್ಥ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಗಣನಾಂಶವನ್ನು (Parameter) ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗ್ರಾಹಕತ್ವ (Sensitivity) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಪರವಲಯ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ (Parabolic Telescope) ಯವರಂಧ್ರದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಎಲ್ಲಾ ಬೆಳಕು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುವುದು. (**ಚಿತ್ರ 7** ನೋಡಿ). ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ದೂರದರ್ಶಕವು ದೊಡ್ಡದಾದಷ್ಟೂ ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುದು. ಅಂದರೆ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಬೆಳಕಿನ ಬಕೆಟ್‌ನಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ದೂರದರ್ಶಕ ದೊಡ್ಡದಾದಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುದರಿಂದ ಅದು ಅಧಿಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿರಬೇಕು ಎಂಬ ಅನಿಸಿಕೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಬರುವುದು. ಅಷ್ಟೇನೂ ಸ್ವತಃಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣದ ಅಂಶವೆಂದರೆ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಉತ್ತಮ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಎಂಬುದು. ಇದು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffraction) ಯಿಂದ (ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಸಾಧ್ಯ) ಸಾಧ್ಯ. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಯ ಗಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣವೂ ಸುಧಾರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರತಿಫಲಕವಿದ್ದಾಗ ತರಂಗಾಂತರ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ಪೃಥಕ್ಕರಣವು ಉತ್ತಮಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. (ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಾಂತರದ ನೀಲಿ ಬೆಳಕಿನೊಂದಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಬ್ಲೂ-ರೇ ಡಿವಿಡಿಗಳು ಸಾಧಾರಣ ಡಿವಿಡಿಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಒಂದೇ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅಡಕ ಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಈ ಸಂಬಂಧಿತ ಸಂಗತಿಯು ಓದುಗರಿಗೆ ಸುಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದೀತು.)

GMRTಯು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿರುವ ರೇಡಿಯೋ-ತರಂಗಗಳಿಗಿಂತ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮಿಲಿಯನ್ (ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ) ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದು. ಕೆಲವೇ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಉದ್ದದ ದೃಕ್ ದೂರದರ್ಶಕದಷ್ಟೇ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕವು ಬೇಕಾದರೆ ಹತ್ತಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಉದ್ದವಿರುವ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದೊಂದು ದುಸ್ಸಾಧ್ಯವಾದ ಸವಾಲೇ ಸರಿ. ಹತ್ತಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರದ ಕನ್ನಡಿಯ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ?

ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಹಿಂದೆ ಹೋಗಿ ತನ್ನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಕನ್ನಡಿಯು ಏನು ಮಾಡುವುದು ಎಂದು ನೋಡೋಣ. **ಚಿತ್ರ 7** ರಲ್ಲಿ ನಾವು ನೋಡುವಂತೆ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ನಾಭಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಆ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದೇ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದ ಸಂಕೇತವು ಬೃಹತ್ ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಬಂದಂತೆಯೇ ಇರುವುದು (ಅಂದರೆ, ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅತ್ಯಧಿಕ ಅಂತರಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ಗಾತ್ರದ ಕನ್ನಡಿ): ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಪೂರ್ಣವಾಗಿರದೆ ದೊಡ್ಡ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಎಂಬುದೇ ಒಂದು ಅಪವಾದವಾಗಿದೆ. ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಆಚ್ಛಾದಿಸುವ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗುತ್ತಿದ್ದು ಮಧ್ಯದ ಕ್ಷೇತ್ರದ (ಅಂದರೆ 'ರಂಧ್ರಗಳ') ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ನಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಮೂಹದಿಂದ ಲಭಿಸುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಯಥಾಯೋಗ್ಯವಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ದೂರದರ್ಶಕವು ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಡುವಣ ಅಧಿಕತಮ ಅಂತರದಷ್ಟು ಗಾತ್ರವುಳ್ಳ ಕನ್ನಡಿಗೆ ಇರುವ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಆದರೆ ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವು ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳ ಕನ್ನಡಿಯಷ್ಟು ಇರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 7. ಪರವಲಯ ಕನ್ನಡಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತಗೊಳ್ಳುವುದು.

ಪರವಲಯ ರೂಪದ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಬಕೆಟ್‌ನಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ತಮ್ಮ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ತಮ್ಮ ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಅಧಿಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುವು ಅಥವಾ ಮಸುಕಾದ ಬಹುದೂರದ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಹೀಗೆ, ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಉತ್ತಮ ಪೃಥಕ್ಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಇಲ್ಲವೇ ಮೂಲದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿ ತೋರಿಸಬಲ್ಲವು.

Credits: S. Meshra, NCRA-TIFR. License: CC-BY-NC.

ಚಿತ್ರ 8. ಉದಯದಿಂದ ಅಸ್ತದವರೆಗೂ ಮೂಲವೊಂದನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದಾಗ GMRT ಆಂಟೆನಾವು ವ್ಯೂಹದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೂಡಿಸಿದ ಪಥಗಳು.

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ ಅಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಇದ್ದರೂ ಸಹ ಭೂಮಿಯ ತಿರುಗುವಿಕೆಯು ನಾವು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವ 'ಕನ್ನಡಿ'ಯ ತಕ್ಕಷ್ಟು ಆಚ್ಛಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ.

ಕೃಪೆ: ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್
License: CC-BY-NC

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಹೋದರೆ ಉದಯದಿಂದ ಅಸ್ತದವರೆಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಮೂಲವೊಂದರ ಜಾಡನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ ಏನಾಗುವುದು ಎಂದು ನೋಡಬಲ್ಲೆವು. ಈ ಬಹುದೂರದ ಮೂಲದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ ಆಗುತ್ತಿರುವುದಿಷ್ಟೆ– ಭೂಮಿಯ ತಿರುಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಈ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳು ಆಕಾಶದ ಸುತ್ತ ಕೊಂಡೊಯ್ಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಅಂತೆಯೇ ಮೂಲವನ್ನು ಉದಯದಿಂದ ಅಸ್ತದವರೆಗೆ ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪಿತ ದೊಡ್ಡ ಕನ್ನಡಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಿರುವಷ್ಟೇ ವಿಸ್ತೃತ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸಂಘಟಿತ ಫಲರೂಪದ ಕನ್ನಡಿಯು (ಅಂದರೆ ಸಂಯೋಜಿತ ಯವರಂಧ್ರ) ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಲಭಿಸುವ ಚಿಟಿಕೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಹತ್ತಿರವಿರುವುದು. (**ಚಿತ್ರ 8** ನೋಡಿ). ಇದನ್ನೇ ನಾವು 'ಭೂಭ್ರಮಣ ಯವರಂಧ್ರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ' (Earth rotation Aperture Syntheis) ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಈ ತಂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ GMRT ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಇನ್ನಿತರ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು ಬಾನಿನ ಅಧಿಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯುತ್ತವೆ.

ಈ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿರುವ ವಿವಾದಾಂಶವೆಂದರೆ ಬಾನಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾವಲೋಕನ ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಕನ್ನಡಿಯ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಣ್ಣ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಂಯೋಜಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು. ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್, ಇದು ಬಹಳ ವಿವರವಾದ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಗತಿ ಹಾಗೂ ಇದರ ಚರ್ಚೆ ಬಹಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಒಂದು ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಿದರೆ ಉತ್ತಮ–ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ಡಿಜಿಟಲ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಮತ್ತು ಸಾಫ್ಟ್‌ವೇರ್ ಅಲ್ಗಾರಿದಮ್‌ಗಳು ಬೇಕಾಗುವುವು – ರೇಡಿಯೋ–ಖಗೋಳತಜ್ಞರು ತಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಂದ ಹೊರಡುತ್ತಿರುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಹೆಡ್‌ಫೋನುಗಳನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಂಡು ಆಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ!

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: GMRT ದೂರದರ್ಶಕದ ಆಂಟೆನಾಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಪುಣೆ, ಭಾರತ, ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ :ರೋಹಿತ್ ಗೊವೈಕ. URL: https://www.flickr.com/photos/18419987@N00/3119728744. License: CC-BY-SA.

ಪರಾಮರ್ಶನ ಗ್ರಂಥಗಳು ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತ ಲಿಂಕ್‌ಗಳು

1. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಪರಿಚಯ ಮತ್ತು SETI – ಇದರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು http;//www.bigear.org/guide.htm ಇಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.
2. ದಿ ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಫೆಸಿಲಿಟಿ – ಇಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಮೇಲೆ ಕೆಲವು ಆಸಕ್ತಿಕರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. http;//www.atnf.csiro.au/outreach/education/everyone/rtadio-astronomy/index.html
3. ಪುಣೆಯ GMRT ಬಗೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು http://www.ncra.tifr.res.in/ncra/ ಇಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು.
4. ಸ್ಪಂದತಾರೆ ಕುರಿತಂತೆ ಬಹಳ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. http;//www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/pulsars/pulsars_index.htm.
5. ಆಕಾಶಗಂಗೆಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಮ್ಮಿಳನದ ಬಗೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಆನಂದ ನಾರಾಯಣ್ ಅವರ "ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪಾರಸ್ಪರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು " ಎಂಬ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ **ಐ ವಂಡರ್**... ಸಂಚಿಕೆ 2, ಕನ್ನಡ ಆವೃತ್ತಿ ಜನವರಿ – 2019, ಪುಟ 4ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.
6. ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಜನಪ್ರಿಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಸ್ಪ್ರಿಂಗರ್ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್‌ನ 'The Inviscible Universe' ಎಂಬ ಗೆರಿಟ್ ವೆರಶ್ಚೂರ್ ರವರ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.

ಜಯರಾಂ ಎನ್. ಚೆಂಗಲೂರ್ ಮುಂಬೈನಲ್ಲಿರುವ ಟಾಟಾ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಂಡಮೆಂಟಲ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಸಂಸ್ಥೆಯ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ಆಸ್ಟ್ರೋಫಿಸಿಕ್ಸ್ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಓರ್ವ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿ. ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ತರಬೇತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ಅಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಕಾಲಿಟ್ಟು ಅದು ವಿನೋದಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದದ್ದರಿಂದ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿದುಕೊಂಡರು.

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ಬಗ್ಗೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ಏಕೆ ಕಾಳಜಿ ವಹಿಸಬೇಕು?

ಡೇ ಗ್ರೀನ್‌ಬರ್ಗ್

ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ಬೋಧನೆಯ ಅಗತ್ಯದ ಜೊತೆಗೆ, ಈವರೆಗೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕೆ ಹಾಗೂ ವೃತ್ತಿಗಳಿಂದ ವಂಚಿತರಾಗಿರುವ ಸಮುದಾಯದಿಂದ ಬಂದಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಏನನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ ಎನ್ನುವ ವಿಚಾರವನ್ನು ಈ ಲೇಖನವು ಅವಲೋಕಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯವನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಕಲಿಸಿದ ಪ್ರಕರಣವೊಂದರಿಂದ ಉಂಟಾದ ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ಈ ಲೇಖನ ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸುತ್ತದೆ.

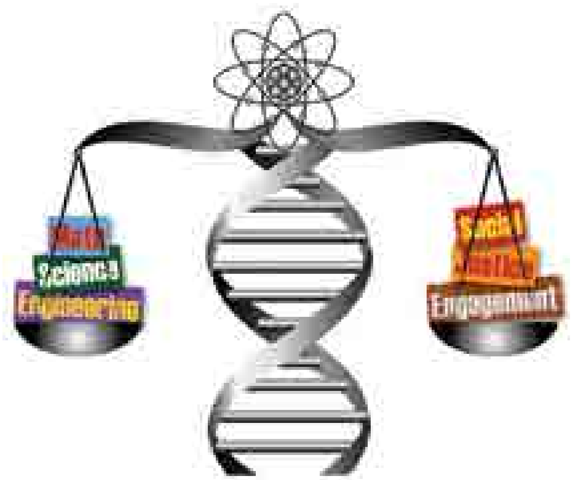
"ಶಿಕ್ಷಕರು ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಅವರು ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ಹೊಸ ಪಾತ್ರಕ್ಕೆ ತಯಾರಿ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ.... ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಗಳಿಗಾಗಿ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿ ಸಹಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಜಾಪ್ರಭುತ್ವದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದರೊಂದಿಗೆ ನಮ್ಮ ಶಾಲಾ ಶಿಕ್ಷಣ, ಅದೇ ರೀತಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಕಾಣ್ಕೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಸಮ್ಮಿಳಿತವಾಗಿದೆ." – ಮೈಕ್ ಮುಲ್ಲರ್.

"ಶಾಲೆ ಅಷ್ಟೇನು ಮುಖ್ಯವಲ್ಲ ಎಂದು ಬಹುಷಃ ನಾನು ಯೋಚಿಸುತ್ತಿದ್ದೆ, ಆದರೆ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಿಂದಾಗಿ ನನ್ನಲ್ಲೇ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡೆ ಮತ್ತು ನಾನು ಶಾಲೆಯವಳೇ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ನನ್ನಲ್ಲಿ ಮೂಡಿಸಿತು. ಶಾಲೆ ನನಗೆ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಆಶಯವಿದ್ದಿದ್ದರಿಂದ ನಾನು ಶಾಲೆಗೆ ಹೋದೆ ಮತ್ತು ಶಾಲೆಗೂ ಇದರಿಂದ ಸಹಾಯವಾಯಿತು." – ಫಾತಿಮಾ, ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ "ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಸಂಶೋಧನೆ" ಕೈಗೊಂಡ ಓರ್ವ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿ.

ನಮ್ಮ ಜಗತ್ತು ಸಾಮಾಜಿಕವಾಗಿ, ರಾಜಕೀಯವಾಗಿ, ಪಾರಿಸರಿಕವಾಗಿ, ವೈದ್ಯಕೀಯವಾಗಿ, ಡಿಜಿಟಲ್ ಆಗಿ ಹಾಗೂ ಆರ್ಥಿಕವಾಗಿ ಹಲವು ಆಯಾಮಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಜಗತ್ತಿಗೆ ತಮ್ಮ ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯ ಮಾಡುವ ಕೌಶಲ್ಯಗಳನ್ನು, ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹಾಗೂ ಅವಕಾಶವನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ತರ ವಿಚಾರವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈಗಿನ ಹಾಗೂ ಭವಿಷ್ಯದ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಆತ್ಮವಿಶ್ವಾಸದಿಂದ ಎದುರಿಸುವ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಶಕ್ತಗೊಳಿಸುವುದು ಅವರ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೂ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕರು, ಯುವ ಜನತೆಯಾಗಿ ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮಹತ್ತರವಾದುದನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಸಮರ್ಥರಲ್ಲವೆಂದೇ ತಿಳಿಯುತ್ತಾರೆ. ಮುಖ್ಯವಾಹಿನಿಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕೆ ಹಾಗೂ ವೃತ್ತಿಯ ಆಯ್ಕೆಗಳಿಂದ ವಂಚಿತರಾಗಿರುವ ಸಮುದಾಯಗಳ (ಉದಾ. ವಲಸಿಗ ಅಥವಾ ಜನಾಂಗೀಯ ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತ ಸಮುದಾಯದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಸಂಪನ್ಮೂಲ ಕೊರತೆಯಿರುವ ಶಾಲೆಗಳಿಂದ ಹಾಗೂ ನೆರೆಹೊರೆಯಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು) ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಇದು ಹೆಚ್ಚು ವಾಸ್ತವದ ಸಂಗತಿಯಾಗಿದೆ.

ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಎಂದರೇನು?

ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದೆಡೆಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾದ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣವು ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ತರೂ ಸರಿಸಮಾನರಾಗಿ ಜೀವಿಸಲು ವಿಜ್ಞಾನದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಮತ್ತು ಕೌಶಲ್ಯಗಳನ್ನು ಬಳಸುವುದನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ತಮ್ಮ ತರಗತಿಯ ಆಚರಣೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯವನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ



ಚಿತ್ರ 1. ವಿಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ – ಸಮತೋಲನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು!

ಕೃಪೆ: ರೇಖಾಚಿತ್ರ ಪುಣ್ಯಾ ಮಿಶ್ರಾ, 2016, ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NC.

ಈ ಗುರಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಸಾಮಾಜಿಕ, ರಾಜಕೀಯ ಮತ್ತು ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಸಬಲೀಕರಣಕ್ಕೆ ತಮ್ಮ ತರಗತಿಯ ಪಠ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು – ತಮ್ಮನ್ನು ಹಾಗೂ ತಮ್ಮ ಸಮುದಾಯವನ್ನು ಹತ್ತಿಕ್ಕುವಂತಹ ಪ್ರಸ್ತುತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲು ಕಲಿಯುತ್ತಾರೆ. ವಾಸ್ತವ ಜಗತ್ತು ಏನನ್ನು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುತ್ತದೆಯೋ (ಈ ಅಪೇಕ್ಷೆ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿಯೂ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತದೆ) ಅದಕ್ಕೆ ಪೂರಕವಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮ್ಮ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಕೌಶಲ್ಯಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಳ್ಳುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ತರಗತಿಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಮೂಲಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಬಲರನ್ನಾಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅವರು ಸಾಮಾಜಿಕ-ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳನ್ನು ಹಾಗೂ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು – ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹಾಗೂ ಆಚರಣೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು –ನಿಭಾಯಿಸುವುದು ಹಾಗೂ ಸಂಬಂಧಿತ ಸಾಮಾಜಿಕ ಅಂಶಗಳನ್ನು ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನೆಮಾಡುವುದು/ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಹೇಗೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತಾರೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ, ಇತರರೊಂದಿಗೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮಗಾಗಿ ಹಾಗೂ ತಮ್ಮ ಜಗತ್ತಿಗಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ತರುವಂತೆ ಪ್ರೇರಣೆ ನೀಡುವ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಅವರು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಡುತ್ತಾರೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ, ಇಂತಹ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಇತರರೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಂಡು ಉತ್ತಮ ಬದಲಾವಣೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ನ್ಯಾಯ ಪಡೆಯಲು ಕಾರ್ಯತತ್ಪರರಾಗಲು ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸುವುದನ್ನು ಕಲಿತುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಇದು ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕೆಗೂ ಲಾಭದಾಯಕವಾಗಬಲ್ಲದು. ಏಕೆಂದರೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉತ್ತಮ ಬದಲಾವಣೆ ತರುವ ಸಾಮೂಹಿಕ ಬಯಕೆಯು, ಒಂದು ತರಗತಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕೆಯ ಗುರಿಯನ್ನು ತಲಪುವಂತೆ ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಆಗ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಉತ್ತಮ ಬದಲಾವಣೆಗಾಗಿ ತಾವೇ ಕಾರ್ಯತತ್ಪರರಾಗಲು ಹಾಗೂ/ಅಥವಾ ಅಧಿಕಾರಯುತ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವವರ ಮನವೊಲಿಸಲು ವಿಷಯವನ್ನು (ಕೇವಲ ಗ್ರಹಿಸದೇ) ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಕ್ರಿಯಶೀಲಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ರವಾಹದ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಬದುಕುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು, ಇನ್ನಷ್ಟು ಪ್ರಬಲವಾದ ಪ್ರವಾಹ ನಿಯಂತ್ರಣಾ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಸ್ಥಳೀಯ ಸಮುದಾಯಕ್ಕೆ ಅರಿವು ಮೂಡಿಸುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ತಾವು ಆಯೋಜಿಸಿದ ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಸಂವಹನಾ ಪ್ರಚಾರಕ್ಕೆ ಮಾಹಿತಿ ನೀಡುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕೆಯ ಗುರಿಯೆಡೆಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ತಮ್ಮ ಕುಟುಂಬ ಹಾಗೂ ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ಮಾಹಿತಿ ನೀಡಿ, ಅವರನ್ನು ರಕ್ಷಿಸುವ ಒಂದು ಸಾಧನವೆಂದು ಗುರುತಿಸಿದಾಗ, ತತ್ಸಂಬಂಧೀ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಷಯಗಳು (ಉದಾ. ಶಕ್ತಿ, ಬಲ, ವೇಗ, ತೂಕ, ಇತ್ಯಾದಿ) ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮುಖ ಹಾಗು ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವೂ ಆಗಬಲ್ಲವು.

ಸಂಶೋಧನೆಯು ಏನು ಹೇಳುತ್ತದೆ?

ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನವು ನಿಜಕ್ಕೂ ಸಂಗತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ? ವಿಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಸುಶಿಕ್ಷಿತ ಹಾಗೂ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣ ಕಾರ್ಯ ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ನಾಯಕರಾಗಲು ಬೇಕಾಗುವ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅವರು ಹೇಗೆ ಒದಗಿಸಬಹುದು?

ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಸಂಶೋಧಕಿಯಾಗಿರುವ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡ್ರಾ ಶಿಂಡಲ್ ಡಿಮಿಕ್ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯಕ್ಕಾಗಿ ಸಮುದಾಯದ ಕಾರ್ಯದ ಗುರಿಯ ಸುತ್ತ ಆಯೋಜಿಸಿದ್ದ ಒಂದು ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯ ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನ ಬೋಧನೆಯ ಕುರಿತು ಅಧ್ಯಯನವೊಂದನ್ನು ಕೈಗೆತ್ತಿಕೊಂಡರು. ಅವರ ಅಧ್ಯಯನವು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರಾದ ಶ್ರೀ ಕಾರ್ಸನ್‌ರವರ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿತ್ತು. ಇವರು ಪ್ರೌಢಶಾಲಾ ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪಠ್ಯಕ್ರಮದೊಳಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಿದವರಾಗಿದ್ದರು. ಅವರು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಸ್ಥಳೀಯ ಪರಿಸರ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದರು ಹಾಗೂ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಉದ್ದೇಶಿಸಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಲು ಮೂರು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತಂಡಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟರು. ಅವರ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಳೀಯ ಜಲಮೂಲಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಲಿನ್ಯಕಾರಕಗಳ ಕುರಿತು ತಿಳಿದುಕೊಂಡರು ಹಾಗೂ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಜಲ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರು. ನಂತರ, ಅವರು ಜನರನ್ನು ಸುಶಿಕ್ಷಿತರನ್ನಾಗಿಸಲು ನೀರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಚಾರಗಳ ಕುರಿತು ಕೆಲವು ಭಿತ್ತಿಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಅವರು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಳೀಯ ಜಲಸಂಪನ್ಮೂಲ ಪರಿಸರದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲು ಗುಂಪು ಕ್ರಿಯಾ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಪೂರ್ಣಗೊಳಿಸಿದರು.

ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದೆಡೆಗಿನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದತ್ತ ಅವರ ಕಲಿಕೆಯು ವಾಲಿದಾಗ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಶಕ್ತತೆ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬಂದುದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಕೈಗೊಂಡ ಕೆಲಸದ ಮೇಲಿನ ಅವಲೋಕನ ಹಾಗೂ ಅವರಲ್ಲಿ ಕೆಲವರೊಂದಿಗಿನ (ತರಗತಿಯ 24 ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ 9 ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು) ಸಂದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡ್ರಾರವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂತು. ಶ್ರೀ. ಕಾರ್ಸನ್‌ರವರು ಹೀಗೆಂದು ವಿವರಿಸುತ್ತಾರೆ: *"...[ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು] ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವಂತಹ ಒಂದು ವಿಚಾರವನ್ನು ಬದಲಿಸುವಲ್ಲಿ ತಾವು ಸಶಕ್ತರೆಂದು ಮನಗಾಣುತ್ತಿದ್ದಾರೆ ಹಾಗೂ ಅವರು ಆ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಲು*

ಇತರರ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತರಾಗಿಲ್ಲ. ಬಾಧಿತರಾಗುತ್ತಿರುವವರು ಅವರೇ; ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವವರೂ ಅವರೇ."

ಆದರೂ, ಶ್ರೀ. ಕಾರ್ಸನ್‌ರ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೂ ಈ ಯೋಜನೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದೆ ಎಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡಿಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಾಮಾಜಿಕವಾಗಿ, ರಾಜಕೀಯವಾಗಿ ಹಾಗೂ ಶೈಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿ ಸಶಕ್ತಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಯಾಮವು ಇಲ್ಲದೇ ಇದ್ದಾಗ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಅದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರು ಹಾಗೂ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಕ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲರಾಗಿ ಯಶಸ್ಸು ಸಾಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಅಗತ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾದ ಬೆಂಬಲ ಸಿಗದಿದ್ದಾಗ ಅವರು ತಮ್ಮ ನಿರಾಸೆಯನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಂಡರು ಎಂಬುದನ್ನು ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡ್ರಾರವರ ಅಧ್ಯಯನವು ತೋರಿಸಿತು. ಶ್ರೀ ಕಾರ್ಸನ್‌ರವರು ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದರಾದರೂ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯವನ್ನು ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸೇರಿಸಬಹುದು ಎನ್ನುವುದು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅಂಶ.

ಶಿಕ್ಷಕರು ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರಾಗುವುದು ಹೇಗೆ?

ವಿಜ್ಞಾನದ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ಆಲೋಚನೆಗಳನ್ನು ಅನುಷ್ಠಾನಗೊಳಿಸುವಲ್ಲಿಯ ಯಶಸ್ಸು ಹಾಗೂ ವೈಫಲ್ಯಗಳ ಈ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ನಾವು ಏನನ್ನು ಕಲಿಯಬಹುದು? ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯಕ್ಕಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಬೋಧನೆಯನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಅಗತ್ಯವೆಂದೆನಿಸುವ ಮೂರು ಮಹತ್ವದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ:

ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿ 1: ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ನಾಯಕತ್ವ ಹಾಗೂ ಸಹಭಾಗಿತ್ವವನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸುವುದು: (ಸಾಮಾಜಿಕ ಅಂಶ)

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಮ್ಮ ಆಲೋಚನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಕಾರ್ಯತತ್ಪರರಾಗಲು ಅಭಿಮತವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ ನಂತರ ಶ್ರೀ. ಕಾರ್ಸನ್ ರವರು ಮೂರು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅವರಿಗೆ ಅವಕಾಶ ನೀಡಿದರು. ಆದರೆ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಬೇಕು ಅಥವಾ ಹೇಗೆ ಗುಂಪು ಚರ್ಚೆ ನಡೆಸಿ ನಿರ್ಣಯಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕು ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಯಾವ ಮಾರ್ಗಸೂಚಿಯನ್ನೂ ನೀಡಲಿಲ್ಲ. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ರೀತಿಯ ಗುಂಪು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ವೈಯಕ್ತಿಕ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಭಾವಿಸಿ ಅದರ ಗತಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಕುಗ್ಗಿಸಿತು.

ಅನುಷ್ಠಾನಗೊಳಿಸುವ ಬಗೆ: ವಿಷಯದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಕ್ರಿಯಾಗುಂಪನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡಿ. ಆದರೆ, ಗುಂಪಿನ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಲು ಅವರಿಗೆ ಸೂಕ್ತ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವಂತಹ ಸಾಮೂಹಿಕ ಸಾಮಾಜಿಕ ನಿಯಮಗಳ ಒಳಗೆ ಆರೋಗ್ಯಯುತವಾದ ತಂಡ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡಲು ಮತ್ತು ಸಂಧಾನ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಅವರಿಗೆ ಅವಕಾಶ ನೀಡಿ. ಗುಂಪಿನೊಳಗೆ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸಬೇಕು ಹಾಗೂ ಸಂಘರ್ಷಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಪರಿಹರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಸಾಮಾಜಿಕ ಒಪ್ಪಂದವನ್ನು ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಮಾನ ನಿರೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ತಾವೇ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿ. ಆ ಮೂಲಕ ನಿಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಜೊತೆಗೂಡಿ ಕೆಲಸ ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸಿ.

ಚಿತ್ರ 2. ಶಾಲಾ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸಹಭಾಗಿಯಾಗಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು.

Credits: Illustration by Punya Mishra, 2016. License: CC-BY-NC.

ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿ 2: ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸುವುದು: (ರಾಜಕೀಯ ಅಂಶ)

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿಕೊಂಡ ನಂತರ ಶ್ರೀ. ಕಾರ್ಸನ್‌ರು ತರಗತಿಯ ಮಾತುಕತೆಗಳಿಂದ ಹೊರಗುಳಿದರು. ದಿನದ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಜವಾಬ್ದಾರಿಗಳ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ತೊಡಗಿ ದೂರಗಾಮಿಯಾದ, ಹೆಚ್ಚು ಪರಿವರ್ತನೆ ತರುವಂತಹ, ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲರಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸುವಿಕೆಯೆಡೆಗಿನ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುವಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅಗತ್ಯವಿದ್ದ ಬೆಂಬಲದ ಕೊರತೆಯಾಯಿತು. ಇದರ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ, ಕೆಲವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಾವಾಗಿಯೇ ವಿಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಕಾರ್ಯತತ್ಪರತೆಯ ಕುರಿತು ವಿಶಾಲವಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ಆದರೆ, ಇನ್ನು ಕೆಲವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಅಗಾಧವಾದ ಅಥವಾ ವಿಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ಸಂಕೀರ್ಣವಾದ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯುವುದು ಹೇಗೆಂದು ಅರಿಯದೆ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯಗೊಳಿಸಿದರು.

ಅನುಷ್ಠಾನಗೊಳಿಸುವ ಬಗೆ: ತಮಗೆ ಹಾಗೂ ತಮ್ಮ ಸಮುದಾಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ತರಲು

ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಷಯ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಲು ಶಿಫಾರಸು ಮಾಡಿರುವ ಲೇಖನಗಳು:

1. ಬರ್ಮಿಂಘ್ಯಾಮ್, ಡಿ, ಹಾಗೂ ಕ್ಯಾಲಬ್ರೀಸ್ ಬಾರ್ಟನ್, ಎ (2014) ಪುಟ್ಟಿಂಗ್ ಆನ್ ಎ ಗ್ರೀನ್ ಕಾರ್ನಿವಲ್: ಯುತ್ ಟೇಕಿಂಗ್ ಎಡುಕೇಟೆಡ್ ಆಕ್ಷನ್ ಆನ್ ಸೋಶಿಯೋಸಯಂಟಿಫಿಕ್ ಇಶ್ಯೂಸ್. ಜರ್ನಲ್ ಆಫ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಇನ್ ಸಯನ್ಸ್ ಟೀಚಿಂಗ್, 51(3), 286–314. http://doi.org/10.1002/tea.21127
2. ವಕೀಲ್, ಎಸ್. (2014). ಎ ಕ್ರಿಟಿಕಲ್ ಪೆಡಗೋಜಿ ಅಪ್ರೋಚ್ ಫಾರ್ ಎಂಗೇಜಿಂಗ್ ಅರ್ಬನ್ ಯುತ್ ಇನ್ ಮೊಬೈಲ್ ಆಪ್ ಡೆವೆಲಪ್ಮೆಂಟ್ ಇನ್ ಆನ್ ಆಫ್ಟರ್-ಸ್ಕೂಲ್ ಪ್ರೋಗ್ರಾಮ್. ಈಕ್ವಿಟಿ ಎಂಡ್ ಎಕ್ಸಲೆನ್ಸ್ ಇನ್ ಎಡುಕೇಶನ್, 47(1), 31–45. http://doi.org/10.1080/10665684.2014.866869.

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಬೆರೆಯುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನೀವು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸಿ. ವೈಯಕ್ತಿಕ ಹಾಗೂ ಸಾಮೂಹಿಕ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿ ಹಾಗೂ ಜನರಿಗೆ ನೋವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಅಥವಾ ಪರಿಸರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹಾನಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಆಡಳಿತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನೆರವಾಗಿ. ಹಲವು ಬಾರಿ ಸಾಮಾಜಿಕ ಅನ್ಯಾಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ, ಆದರೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತನಿಖೆಯ ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ "ಸಮಸ್ಯೆಯ ಮೂಲ ಕಾರಣ" ಪತ್ತೆಮಾಡಲು ಅವರಿಗೆ ನೆರವಾಗಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆ ಕೇಳುವಲ್ಲಿ ಬೆಂಬಲ ನೀಡಬಹುದು: ಶಾಲಾ ಕಟ್ಟಡದ ಶಿಲೀಂಧ್ರ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವಿಕೆಯು ಶಿಕ್ಷಣದ ಬಜೆಟ್ ಪ್ರಸ್ತಾವನೆಯ ಮೇಲಿನ ರಾಜಕೀಯ ವಾಗ್ವಾದಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ? ತಳಿಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು (ಜೆನೆಟಿಕ್ಸ್) ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಜನವರ್ಗವನ್ನು ಕಡೆಗಣಿಸಲು ಹೇಗೆ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ? ಕಲ್ಲಿದ್ದಿಲಿನ ಇಂಧನ ಬಳಸುವುದರಿಂದ ಹಾಗೂ ಗಣಿಗಾರಿಕೆಯಿಂದ ಯಾರಿಗೆ ಲಾಭ? ಕಂಪ್ಯೂಟಿಂಗ್ ಇತಿಹಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಮಹಿಳೆಯರ ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ?

ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿ 3: ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನೆರವಾಗುವುದು. (ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಅಂಶ)

ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯದ ಗುರಿ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಆಚರಣೆ ಸಾಧನವಾಗಿದ್ದಾಗ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಸಬಲೀಕರಣವು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಕಲಿಕೆಯೊಂದಿಗೆ ಮಿಳಿತವಾಗಬಹುದು. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಸಬಲರಾಗಿರುವ ಭಾವನೆ ಬರುವಂತಾಗಲು, ಶಿಕ್ಷಕರು ತಮ್ಮ ಅನುಭವಗಳನ್ನು ಧಾರೆಯೆರೆಯಬೇಕು ಹಾಗೂ ಬೆಂಬಲವಾಗಿರುವ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು ಮತ್ತು ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಬೇಕು. ನಾಯಕತ್ವ ವಹಿಸುವ ಅವಕಾಶವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನೀಡಿದರೆ ಸಾಲದು. ಅವರು ಬಯಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕೌಶಲ್ಯಗಳು ಹಾಗೂ ಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಬೇಕು.

ಅನುಷ್ಠಾನಗೊಳಿಸುವ ಬಗೆ: ಈ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಂಶವೂ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ.

ಚಿತ್ರ 3. ಸ್ನೇಹದ ಕರೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಪಾರಿವಾಳ, ಒಂದು ಶಾಂತಿಯ ಸಂಕೇತ. ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುವ ಚಿಹ್ನೆಗಳಿಂದ ಚಿತ್ರಿತವಾದ ಪಾರಿವಾಳವು "ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ"ದ ಕುರಿತ ವಿಕಿಪೀಡಿಯಾ ಪುಟದಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪದಗಳ ಗುಂಪಿನ ಎದುರು ಹಾರುತ್ತಿದೆ.

ಕೃಪೆ: ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಹಾಗೂ ರೇಖಾಚಿತ್ರ ಪುಣ್ಯ ಮಿಶ್ರಾ, 2016. ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NC.

ಆದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸಲು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಮೂರನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕೆ ಹಾಗೂ ಆಚರಣೆಗಳು ಹಲವು ಮಾರ್ಗಗಳ ಮೂಲಕ ತಾವು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಯಸುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಲು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನೆರವಾಗಿ. ಅವರ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡದಾದ ಗುರಿಯು ಮೂಡಲಿ. ನಂತರ, ಆ ದೊಡ್ಡ ಗುರಿಯನ್ನು ಚಿಕ್ಕಚಿಕ್ಕ, ಆದರೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ತಲುಪಬಹುದಾದ ಗುರಿಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲು ನೆರವಾಗಿ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಚಿಕ್ಕ ಗುರಿಯನ್ನು ತಲಪಲು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಬೇಕಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾಹಿತಿ ಹಾಗೂ ಕೌಶಲ್ಯಗಳು ಯಾವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರು ಜೊತೆಯಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಲಿ. ಅವರು ಆ ಸಣ್ಣ ಗುರಿಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆ, ಅವರ ಈ ಹಂತ ಹಂತದ ಪ್ರಗತಿಯು ದೊಡ್ಡ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರುವಂತಹ ದೊಡ್ಡ ಗುರಿಯೆಡೆಗೆ ತಲಪುವಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ನೆರವಾಗುತ್ತಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಾ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಚರ್ಚೆ ನಡೆಸಿ (ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಅವರ ಜ್ಞಾನ ಭಂಡಾರ ಹಾಗೂ ಕೌಶಲ್ಯಗಳು ಗಾತ್ರ ಹಾಗೂ ಆಳದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವರ್ಧಿಸುತ್ತಿವೆ ಎನ್ನುವುದರ ಕುರಿತು ಅವರಿಗೆ ಅರಿವಾಗುವಂತೆ ಹಾಗೂ ಹೆಮ್ಮೆಪಡುವಂತೆ ಮಾಡಿ).

ಪರಿಸಮಾಪ್ತಿ

ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ವಿಜ್ಞಾನದ ನೆರವಿನೊಂದಿಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯಕ್ಕಾಗಿ ಸಾಮಾಜಿಕ, ರಾಜಕೀಯ ಮತ್ತು ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸಿ ಕಾರ್ಯನಿರತರಾಗುವಂತೆ ಅವರಿಗೆ ಸಂಪನ್ಮೂಲದ ನೆರವನ್ನು ಒದಗಿಸಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ಬೆಂಬಲಿಸಬೇಕು. ಶ್ರೀ ಕಾರ್ಸನ್‌ರು ಮೇಲಿನ ಮೂರು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಕ್ರಮಕೈಗೊಳ್ಳದೇ ಇದ್ದಾಗ ಅವರ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ನಿರಾಶೆಗೊಳಗಾದರು. ಸಾಮಾಜಿಕ ಹಾಗೂ ರಾಜಕೀಯ ಮಾಹಿತಿಯುಕ್ತ ಕ್ರಮವು ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ತರಗತಿಯ ಕಲಿಕೆಯೊಂದಿಗೆ ಮಿಳಿತಗೊಳ್ಳದೇ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಬೆಂಬಲಿತವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅವರು ವಿವರಿಸಿದರು. ಆದರೆ, ಎಲ್ಲಾ ಮೂರು ಅಂಶಗಳು ಜೊತೆಯಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದಾಗ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಫಲಪ್ರದವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಬೇರೊಂದು ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಬೋಧನಾ ಯೋಜನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವ ಜಾನಿಸ್ ಎಂಬ 13 ವರ್ಷದ ಬಾಲಕಿಯ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ:

"ನಾವು ಏನು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ ಎನ್ನುವುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರುವುದು ಹೇಗೆಂದು ನಮಗೆ ಅರಿವಿದೆ. ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಉಳಿತಾಯ ಮಾಡುವುದು ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಕೆಲಸಗಳನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಉತ್ತಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ನಿರ್ವಹಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಇತರರಿಗೆ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಸುವ ರೀತಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಇದು ನಾವು ಪರಿಣಿತರಾಗಿರುವದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ"

ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಹಾಗೂ ತಾವು ಪ್ರೀತಿಸುವ ಜನ ಮತ್ತು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಪರಿಸರದ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುವಂತಹ ನೈಜ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವಂತೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಕ ಸಶಕ್ತಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಇದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥ ಕಾರ್ಯಪಡೆಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಸಮರ್ಥ ಕಾರ್ಯಪಡೆಯಾಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಅನುಮತಿ ಸೂಚಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನದನ್ನು ಶಿಕ್ಷಕರಿಂದ ಬೇಡುತ್ತದೆ. ದೊಡ್ಡ ಹಾಗೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕೀರ್ಣವಾದ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ, ಸಾಮಾಜಿಕ ಹಾಗೂ ರಾಜಕೀಯ ಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಸಾಧನಗಳೊಂದಿಗೆ ಎದುರಿಸುವ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾ ಒಂದೊಂದೇ ಹೆಜ್ಜೆಯನ್ನು ಪೂರ್ಣಗೊಳಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲೂ ಅವರನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸುವುದರ ಅಗತ್ಯವಿದೆ.

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಾಗಿ ಬಳಸಿದ ಚಿತ್ರಪಟದ ಕೃಪೆ: ಕುಡ್ರೆಫ್ಲಿನ್–ಜಸ್ಟಿಸ್, ರೋಲಂಡ್ ಝುಂಬೆಲ್, ವಿಕಿಮೀಡಿಯಾ ಕಾಮನ್ಸ್ URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cudrefin-justice.jpg. License: CC-BY-SA.

References

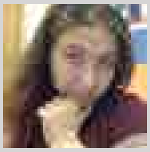
1. Calabrese Barton, A., Birmingham, D., Sato, T., Tan, E., & Calabrese Barton, S. (2013). Youth As Community Science Experts in Green Energy Technology. After school Matters. Retrieved from http://eric.ed.gov/?id=EJ1016811.

2. Dimick, A. S. (2012). Student empowerment in an environmental science classroom: Toward a framework for social justice science education. Science Education, 96(6), 990–1012. Retrieved from http://doi.org/10.1002/sce.21035.

3. Langhout, R. D., Collins, C., & Ellison, E. R. (2014). Examining Relational Empowerment for Elementary School Students in a yPAR Program. American Journal of Community Psychology, 53(3-4), 369–381. Retrieved from http://doi.org/10.1007/s10464-013-9617-z.

4. Mueller, M., Tippins, D., Bryan, L. (2012). The Future of Citizen Science. Democracy & Education. 20(1), 1-12.

5. Shin, M., Calabrese Barton, A., Greenberg, D., Nazar, C.R., Tan, E. (2015, April). "Little Kids Can Do Ginormous Works": Youth's Engineering Design and Identity Work. In Division C 29.030. Equity-Focused Implementation of the Next Generation Science Standards: Exploring Models of Hope and Possibility. Structured poster session presented at the American Educational Research Association, Chicago, IL.



ಡೇ ಗ್ರೀನ್‌ಬರ್ಗ್ (ಇ–ಮೇಲ್: green106@msu.edu; ವೆಬ್: daygreenberg.com) ಇವರು ಮಿಶಿಗನ್ ಸ್ಟೇಟ್ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಮನಶ್ಶಾಸ್ತ್ರ ಹಾಗೂ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಡಾಕ್ಟೋರಲ್ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ. ಇವರು, ವಿಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್‌ನಲ್ಲಿ ಹದಿಹರೆಯ ಪೂರ್ವ ಮಕ್ಕಳ ಕಲಿಕೆ ಮತ್ತು ಅಸ್ಮಿತೆ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಅನುಭವಗಳ ಕುರಿತು ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಶಾಲಾ ನಂತರದ ವಿಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಕಲಿಕೆಯ ಅವಕಾಶಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಗ್ರಾಮಿಂಗ್‌ನ ಪ್ರಧಾನ ವಿನ್ಯಾಸಕಿಯಾಗಿ ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಶಾಲೆಯ ಹೊರಗಿನ ಪರಿಸರ ಹಾಗೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದೆ.

ಅನುವಾದ: ಸ್ಮಿತಾ ಪರಿಶೀಲನೆ: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ

ಸಂಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಆಚರಣೆಗಳ ಮೇಲಿನ ಈ ಸರಣಿಯು ಡಾ. ಪುಣ್ಯ ಮಿಶ್ರಾ, (ಇಮೇಲ್: punya.mishra@asu.edu; ವೆಬ್: punyamishra.com), ಅಸೋಸಿಯೇಟ್ ಡೀನ್ ಆಫ್ ಸ್ಕಾಲರ್ಶಿಪ್ ಆ್ಯಂಡ್ ಇನವೇಶನ್, ದ ಮೇರಿ ಲೂ ಫುಲ್ಟನ್ ಟೀಚರ್ಸ್ ಕಾಲೇಜ್, ಅರಿಜೋನಾ ಸ್ಟೇಟ್ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿ, ಹಾಗೂ ಡಾ. ಏಂಜೆಲಾ ಕ್ಯಾಲಬ್ರೀಸ್ ಬಾರ್ಟನ್ (ಇಮೇಲ್: acb@msu.edu; ವೆಬ್: barton.wiki.educ.msu.edu), ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಇನ್ ದ ಕಾಲೇಜ್ ಆಫ್ ಎಜುಕೇಶನ್, ಮಿಶಿಗನ್ ಸ್ಟೇಟ್ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿ, ಇವರಿಂದ ಸಂಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

ನನ್ನ ಬದುಕಿನ ಒಂದು ವಾರ

ಅಫ್ತಾಬ್ ದಿವಾನ್

ಒಬ್ಬ ಸಂಶೋಧಕನೆಂದು ನಾನು ಪರಿಚಯಿಸಿಕೊಂಡಾಗಲೆಲ್ಲಾ ಜನ “ನೀವು ಸಂಶೋಧಕನಾಗಿ ಮಾಡುವ ಕೆಲಸವೇನು?” ಎಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಂಶೋಧನೆ ಎಲ್ಲಾ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳತ್ತ ತೆರೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಪ್ರಯತ್ನದಂತಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರಿಸುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಳೆದ ಒಂದು ವಾರದಲ್ಲಿ ನಾನು ಕೆಲವು ಗಣಿತದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ. ನಾನು ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಲೇಸರ್ ಮಾರ್ಗವೊಂದನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ್ದೇನೆ ಹಾಗೂ ಕೆಲವು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುತ್ತಿದ್ದ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಜೊತೆಗೆ, ನನ್ನ ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಾಗಿರುವ ಹೊಸಹೊಸ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅರಿಯಲು ಇತರ ಸಂಶೋಧಕರು ಬರೆದಿರುವ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಓದಿದ್ದೇನೆ. ಆದರೂ ಇವು ಯಾವುವೂ ನಾನು ‘ಏನು ಮಾಡುತ್ತೇನೆ?’ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನಿಖರ ಉತ್ತರವನ್ನು ನೀಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದರ ಬಗ್ಗೆ ಅಂದರೆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನೋಡೋಣ: ಅಂದರೆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳು. ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸುವುದು ನನ್ನ ಕೆಲಸದ ಒಂದು ಭಾಗ. ಕಾಂತ ಪಂಜರವೆಂದರೆ (trap) ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡುವ ಪಿಂಗಾಣಿ ಪಾತ್ರೆಯಂತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನೀವು ಅಂದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಪಿಂಗಾಣಿ ಪಾತ್ರೆಗೆ ಬದಲು ಇದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪಂಜರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ನಿಶ್ಚಿತ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸುರುಳಿಗಳಿಂದ (ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಗಳು) ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಈ ಪಾತ್ರೆಯ ಯಾವುದೇ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ ಕೆಲಸವೇ ಸರಿ. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಅತಿ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುವ ಭಾಗವಾಗಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು ಸುಲಭ. ನಾನು ಬಹಳಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಈ ಲೆಕ್ಕವನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ ಕಾಂತ ಪಂಜರ ಹೇಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಮಾಡಿದೆ.

ನಾವು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳೆಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳು. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗದ ಅಗತ್ಯಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಲು, ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಕುಶಲತೆಯಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ. ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಕ್ಕಾಗಿ ಪಡೆದುಕೊಂಡಿರುವ ನೂತನ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅದು ನಾವು ಬಯಸುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವಂತೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಸರಿ ಹೊಂದಿಸಬೇಕಾದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣದ ಕೋಲು(beam) ಹಾಗೂ ಪರಮಾಣು ಮೋಡಗಳೆರಡರ ಗಾತ್ರವೂ

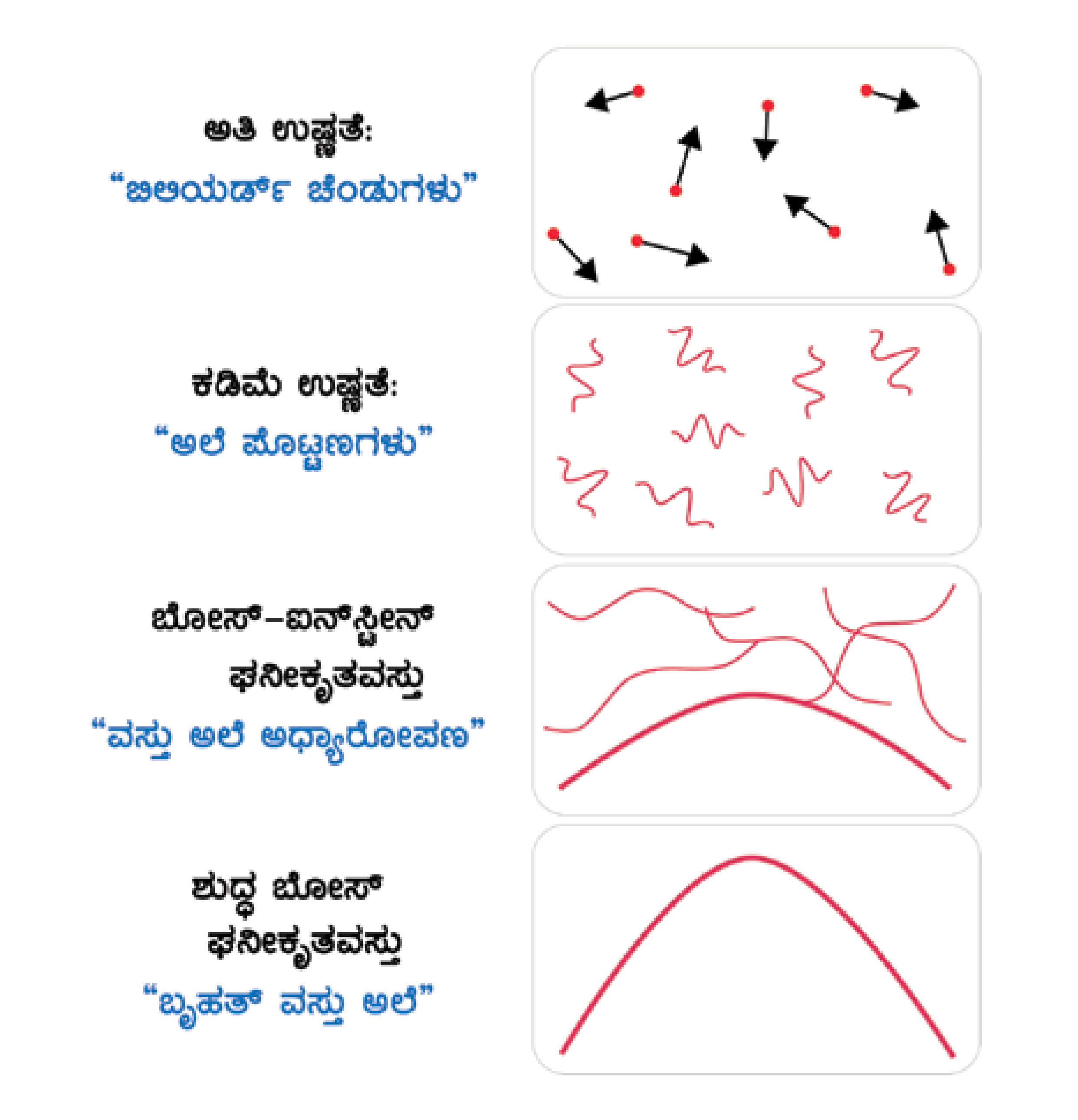
> **ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವೆಂದರೇನು?**
>
> ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವೆಂದರೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದ ಹಾಗೂ ಸಮಾಂತರೀಕರಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ ದಂಡ. ಅದು ತನ್ನ ರೂಪವನ್ನು ಬದಲಿಸದೆ ಬಹಳ ದೂರ ಚಲಿಸಬಲ್ಲದು.

ಮಿಲಿಮೀಟರ್‌ನ ಹತ್ತನೇ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ ನಿಖರವಾಗಿ ಸರಿ ಹೊಂದಿಸುವುದು ಅತಿ ನಾಜೂಕಿನ ಕೆಲಸ. ನನ್ನ ಈ ವಾರದ ಕೆಲಸ ಎರಡು ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಈ ಹೊಸ ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಸರಿಹೊಂದಿಸುವುದೇ ಆಗಿತ್ತು. ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡ ನಿಖರವಾದ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಗುರಿ ಮುಟ್ಟುವಂತೆ ಹೊಂದಿಸಲು ಹಾಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಗುರಿ ಮುಟ್ಟುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ನೆರವಾಗುವಂತೆ ಹೊಂದಿಸುವ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಯಿತು.

ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದು ಒಬ್ಬ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕೋಲಿನಂತೆ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಆವರ್ತನಗಳನ್ನು ‘ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್’ ಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಒಂದು ‘ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್’ ಸಾಕೆನಿಸಿದರೂ,

ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಘನೀಕೃತ (ಕಂಡನ್ಸೇಟ್) ವಸ್ತುವೆಂದರೇನು?

ನಮಗೆಲ್ಲರಿಗೂ ವಸ್ತುಗಳು ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಕಲಿಸಿದ್ದಾರೆ; ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ. ಸಾಧಾರಣ ಬದುಕಿನ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಕೇವಲ ಈ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಅರಿವು ಸಾಕು. ಆದರೆ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು (ಹೊಂದಿವೆ ಕೂಡ. ಇವುಗಳನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಪ್ರಾವಸ್ಥೆಗಳು–phases–ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ) ಬೋಸ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಘನೀಕೃತವಸ್ತು ಇಂತಹುದೇ ಒಂದು ಪ್ರಾವಸ್ಥೆ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಗೆಯ ಕಣಗಳು (ಅಂದರೆ, ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು) ಬಹಳಷ್ಟು ತಣಿದು ಒಂದೇ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಸ್ಥಿತಿ ತಲುಪಿದಾಗ ಇಂತಹ ಪ್ರಾವಸ್ಥೆಗೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ನೆನಪಡಬೇಕಾದ ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಾತಾವರಣವಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಈ ಪ್ರಾವಸ್ಥೆ ಘನೀಕೃತವಸ್ತುವಾಗುವ ಕಣಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಅನುಕೂಲಕರವಾದ ರಚನಾ ವಿನ್ಯಾಸ.



ಚಿತ್ರ 1. ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಘನೀಕೃತವಸ್ತುವಿನ (BEC) **ಪಾಕವಿಧಾನ.**

ಸ್ಥೂಲಗೋಚರ (ಮಾಕ್ರೋಸ್ಕೋಪಿಕ್) ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಸ್ಥಿತಿಯ ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿರುವುದೇ ಒಂದು ಪ್ರಾವಸ್ಥೆಯಂತೆ BEC ಯನ್ನು ಬಹಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿಸಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ BEC ಯ ಕುಶಲ ನಿರ್ವಹಣೆಯೆಂದರೆ ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ನಾವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥೂಲಗೋಚರ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕುಶಲ ನಿರ್ವಹಣೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ; ಅಂದರೆ, ನಾವು ಪರಿಶೋಧಿಸಲು ಆಸಕ್ತರಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವಂತಿರುವುದೇ ಆಗಿದೆ.

Credits: Adapted from image used in Experimental studies of Bose-Einstein condensation, by Dallin S. Durfee and Wolfgang Ketterle, in Opt. Express 2, 299-313 (1998).

ಒಂದೆರಡು ಹೆಚ್ಚಿನ 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್'ಗಳನ್ನು ಕೈಗಾವಲಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು. ನಾವು ಸುಮಾರು ಆರರಿಂದ ಹತ್ತು ಲೇಸರ್ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ನಮಗೆ ಎಷ್ಟೊಂದು 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಗಳ ಅಗತ್ಯವಿರುವುದೆಂದು ನೀವೇ ಅಂದಾಜಿಸಬಹುದು. ಹಾಗಾಗಿ, ನಾವು ಇತ್ತೀಚಿಗೆ ಖರೀದಿಸಿದ ಎರಡು ಹೊಸ 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್'ಗಳು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸದಿದ್ದಾಗ, ನಾನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲವನ್ನು ವ್ಯಯ ಮಾಡಿ, ಅದರಲ್ಲಿದ್ದ ತೊಂದರೆ ಏನೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವುಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಿದೆ.

ಪ್ರಾಯಶಃ, ಲೇಸರ್ 'ಬಂಧಿಸುವುದು', ಅಥವಾ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ಬಂಧಿಸುವುದು ಅಂದರೆ ಏನೆಂದು ವಿವರಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ನಿಮ್ಮ ಬಳಿ ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವಿದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಅಥವಾ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತೀರಿ ಎಂದು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಾನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಕೋಲನ್ನು 500mW ಹೊಮ್ಮುವಿಕೆ ಇರುವ ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಬಯಸಬಹುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ನನ್ನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯು, ಉಷ್ಣತೆ ಹಾಗೂ ಆರ್ದ್ರತೆಗಳಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳು, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನಗಳು, ಗಾಳಿಯ ಹರಿವು ಇತ್ಯಾದಿಗಳೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಹಲವಾರು ಕಾರಣಗಳಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಯವಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಯಗಳು ನಾನು ಬಳಸುವ ಲೇಸರ್‌ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶೇಕಡ 10-20ರಷ್ಟು ಬದಲಿಸಬಹುದು. ಲೇಸರ್ ದಂಡವು ನನಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಶಕ್ತಿ/ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದೇ ಎಂದು ನಾನು ಹೇಗೆ ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಿ? ನಾನು ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ 'ಲಾಕ್' ಮಾಡುತ್ತೇನೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ನಾನು ಆ ಲೇಸರ್ ತಲುಪಬೇಕಾದ ತಾಣದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತೇನೆ. ಈ ಸಂಕೇತವನ್ನು A ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ನನಗೆ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಸಂಕೇತದ ಜೊತೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡೋಣ. ಇದನ್ನು ಸಂಕೇತ B ಎನ್ನೋಣ (ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅದು 500mW). 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಮಾಡುವ ಕೆಲಸವೇನೆಂದರೆ ಅದು ಲೇಸರ್ ನಿಯಂತ್ರಕಕ್ಕೆ ನೈಜ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ನ ಶಕ್ತಿ ಬದಲಿಸುವ ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ (ಇದನ್ನು ಲಾಕ್ ಸಂಕೇತ ಅಥವಾ L ಎನ್ನೋಣ). ನಾವು 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್'ಗೆ ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ ಅದು ಸಂಕೇತ A ಅನ್ನು ಸಂಕೇತ B ಗೆ ಆದಷ್ಟು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಡಲು ಸಂಕೇತ L ಅನ್ನು ಬದಲಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಬಹಳ ಶೀಘ್ರ ಗತಿಯಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಕೆಲವೇ ಮೈಕ್ರೋಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ, ಸಾಧಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯೇ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ನ ಶಕ್ತಿ/ಆವರ್ತನವು ಬದಲಾಗದಂತೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಲು ಇದನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಬಗೆಯ ಕೆಲಸಗಳ ಹಿಂದೆ ನಾನು ಭಾಗಿಯಾಗಿರುವ ಸಂಶೋಧನಾ ಯೋಜನೆಯತ್ತ ಮುನ್ನಡೆಸುವ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಗುರಿ ಇದೆ. ಆ ಯೋಜನೆಯ ಗುರಿಯೆಂದರೆ ನಾನು ಇದೀಗ ತಾನೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣತೆಗೆ, ಅಂದರೆ, ಸುಮಾರು -273°C ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ 0 K ಉಷ್ಣತೆಗೆ ತಣಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಈ ಉಷ್ಣತೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಶೋಧಿಸಿ ನೋಡುವುದು. ಹಾಗೆಂದು, 0 K ಉಷ್ಣತೆಗೆ ತಣಿಸುವುದು ಸಣ್ಣ ಸಾಹಸವಲ್ಲ. ಇದು ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದು, ಎಲ್ಲ ಹಂತಗಳೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದೂ ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಬಳಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ರುಬಿಡಿಯಮ್‌ನ ಸಮಸ್ಥಾನಿ, (isotopes) ರುಬಿಡಿಯಮ್ 87 ರದ್ದು ಒಂದು ತುಂಡು ರುಬಿಡಿಯಮ್ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಗೂಡೊಲೆಯಲ್ಲಿ (ಅವೆನ್) ಕುದಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪಡೆದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಹಳ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದು, ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಲು ಅವನ್ನು ತಣಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯ. ಹೀಗೆ ತಣಿಸಲು ಅವು ಆದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಗತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ನಾವು ಇದನ್ನು ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಹಂತವೆಂದರೆ, ಇವುಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಲೇಸರ್ ಬಳಸುವುದು. ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವುದರಿಂದ ಪರಮಾಣುಗಳ ವೇಗ ಕುಗ್ಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ನೀರಿನ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿ ಓಡುವ ಓಟದಂತೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ ನಿಮ್ಮ ವೇಗವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಬಾರಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿತವಾದ ನಂತರ ನಾವು ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವನ್ನು ಬಳಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು 400mK ವೇಗಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಹಂತದ ಮೂಲತತ್ತ್ವವು ಮೊದಲ ಹಂತದಂತೆಯೇ ಎನ್ನಬಹುದು. ಒಂದೇ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ, ಇದು ಪರಮಾಣುಗಳ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಹಂತ ಪೂರ್ಣವಾದ ನಂತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ದ್ಯುತಿ (optical) ಪಂಜರಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಿಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಅಂತಿಮ ಹಂತ ದ್ಯುತಿ ಪಂಜರದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಕ್ಕೆ (evaporation) ಒಳಪಡಿಸುವುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಗೊಂಡು ದ್ಯುತಿ ಪಂಜರದಿಂದ ಹೊರ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ಈ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಿದಾಗ ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಘನೀಕೃತವಸ್ತುವನ್ನು (ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ BEC ಎನ್ನಬಹುದು) ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. BECಯು ವಸ್ತುವಿನ ನವೀನ ಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿದ್ದು, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 1,00,000 ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ರೀತಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಲು ಕಾರಣ ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ಜಾಗವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇವೆಲ್ಲವೂ ರುಬಿಡಿಯಮ್ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಪರಮಾಣುಗಳೇ ಆಗಿದ್ದು, ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ

ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ.

ಪ್ರಸ್ತುತ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಈ ಬಗೆಯ BEC ರಾಶಿಗಳು ವಿವಿಧ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಶೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸರಳವಾದ ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ಹೀಗೆ ನೀಡಬಹುದು. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಲ್ಲಂಗಡಿ ಹಣ್ಣು ಇರುವುದೆಂದೂ, ಅದನ್ನು ಲಂಬವಾಗಿ ದೋಸೆಯಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ತುಂಡುಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವೆವೆಂದು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ತಿರುಚಿ, ಮತ್ತೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತೇವೆ ಎನ್ನೋಣ. ಮತ್ತೆ ಅದು ಒಂದು ಇಡೀ ಕಲ್ಲಂಗಡಿ ಹಣ್ಣಾಗುವುದೇ? ಅಥವಾ ಮತ್ತೇನಾದರೂ ಆಗುವುದೇ?

ಆದರೆ ಇದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ನಂತರ ನಾವು ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಬಹುದು. ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಒಗ್ಗೂಡಿಸಿದಾಗ ಅವು ನೈಜ ಜಗತ್ತಿನ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ ಹಾಗೂ ಮಾನವನ ಜ್ಞಾನದ ಉನ್ನತ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತವೆ. ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಯೆಂದರೆ ಹೀಗೆಯೇ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ನಾವು ವಿವಿಧ ವೇಷಧಾರಿಗಳಾಗುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ 'ನೀವೇನು ಮಾಡುವಿರಿ?' ಎನ್ನುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಳವಾದ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲ. ಬಹಳಷ್ಟು ಸಮಯ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ– ಹಲವಾರು ವಿವಿಧ ಕೆಲಸಗಳು!

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Laser play, Jeff Keyzer from San Francisco, CA, USA, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laser_play.jpg. License: CC-BY.

ಅಫ್ತಾಬ್ ದೇವನ್ ಪ್ರಸ್ತುತ ಮೇರಿಲ್ಯಾಂಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪಿಎಚ್.ಡಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: aftaab.dewan@gmail.com.

ಅನುವಾದ: ಜಿ.ವಿ.ನಿರ್ಮಲ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ

ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಆನಂದ್ ನಾರಾಯಣನ್

ಇಂದು ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಆಧುನಿಕ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (Cosmology) ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಆದರೂ ಸಹ ಅರ್ಧ ಶತಮಾನದ ಹಿಂದೆ ತಮ್ಮ ವಾದವೇ ಸತ್ಯವೆಂದು ಘೋಷಿಸಲು ಸ್ಪರ್ಧಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಕೆಲವು ವಿಭಿನ್ನ ವಿಶ್ವದೃಷ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿ ಇದೂ ಒಂದಾಗಿತ್ತಷ್ಟೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಗೌಣ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಮೊದಲ್ಗೊಂಡು ಪ್ರಧಾನ ಅಂಶಗಳವರೆಗಿನ ಈಗಲೂ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತಿರುವ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಮಾದರಿಯ ಅಪೂರ್ಣ ಪಯಣದ ಕೆಲವು ಮಾರ್ಗಶೋಧಕ ಘಟನೆಗಳ ಪ್ರಮುಖಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ.

"ಇದನ್ನು ಅರಿತಿರುವವರಾರು? ನಿಜಕ್ಕೂ, ಘೋಷಿಸಲು ಸಮರ್ಥರಾರು?
ಇದು ಎಂದು ಎಲ್ಲಿಂದ ಮೊದಲ್ಗೊಂಡಿತೆಂದು?
ಎಲ್ಲಿಂದ ಯಾವಾಗ ಉಗಮಿಸಿದೆ ಈ ಸೃಷ್ಟಿ!
ಪ್ರಾಯಶಃ ತಂತಾನೆ ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡಿತೋ ಅಥವಾ ಹಾಗಲ್ಲವೋ?"

– ಋಗ್ವೇದ (10:129), ಕ್ರಿ. ಪೂ. 9ನೇ ಶತಮಾನ

ಈ ಪದಗಳನ್ನು 2000 ವರ್ಷಗಳಿಗೂ ಹಿಂದೆ ಬರೆಯಲಾಯಿತು. ಆದರೂ ಇದು ಸಮಕಾಲೀನವಾಗಿದೆಯೆಲ್ಲಾ ಎಂದನಿಸಿದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಅದು ಪ್ರತಿಧ್ವನಿಸುತ್ತಿರುವ ಮಾನವನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣ: ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ಇದು ಹೇಗೆ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂತು ಎಂದು ಆಲೋಚಿಸುವ ಮಾನವ ಜಾತಿಯ ಅತಿ ವಿಕಸಿತ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೇ ಆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣ. ಅದೆಷ್ಟು ಬಾರಿ ನೀವು ಇದೇ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳಿರುವಿರಿ?

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಆದಿಯಿದೆ ಎಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಈ ಭಾವನೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಂಕೀರ್ಣ ವಿಶ್ವದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ನಿಜವೇ? ಅದು ನಿಜವಾದರೆ, ಆ ಹುಟ್ಟಿನ ಕ್ಷಣ ಯಾವುದು, ಅದನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿದ್ದಾದರೂ ಏನು? ಅಲ್ಲದೆ, ಆ ಒಂದು ಆದಿಯು ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವಕ್ಕೂ ಒಂದು ಅಂತ್ಯವಿದೆಯೆಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆಯೇ?

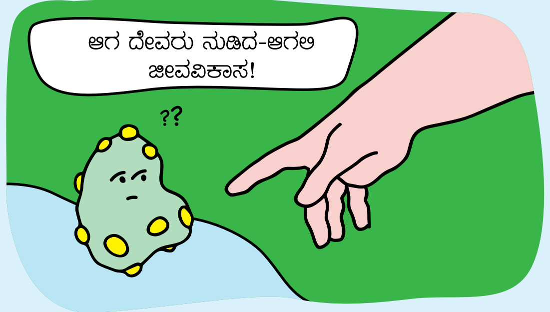
ಮಾನವರು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದವರೆಗಿನ ಸಮಸ್ತ ವಸ್ತುಗಳ ಉಗಮದ ಬಗ್ಗೆ ಸದಾ ವಿಚಾರ/ಮಂಥನ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಕವಿಗಳು, ತತ್ವಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಧರ್ಮಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇವರೆಲ್ಲರೂ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಬುಡಮಟ್ಟ ಶೋಧಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಆದರೆ ಇತ್ತೀಚಿಗಿನ 120 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಷ್ಟೇ ವಿಜ್ಞಾನವು ಬಹುಕಾಲದ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಉತ್ತರಿಸಲು ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸಿದೆ.

ವಿಶ್ವದ ಹುಟ್ಟು ಮತ್ತು ವಿಕಾಸಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಧ್ಯಯನವೇ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ (ಕಾಸ್ಮಾಲಜಿ). ಇಪ್ಪತ್ತನೇ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಮೊದಲ್ಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ವೀಕ್ಷಣಾಂಶಗಳು ವಿಸ್ತೃತ ಗಮನ ಸೆಳೆಯಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದವು., ಭೌತಿಕ ವಿಶ್ವವನ್ನು ನಾವು ಅರಿತಿದ್ದ ರೀತಿಯನ್ನೇ ಪರಿವರ್ತಿಸುವಂತಹ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿ

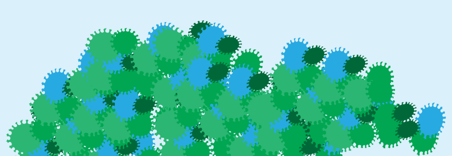
ಸಾಗರದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರದ ಹತ್ತು ವಿಷಯಗಳು

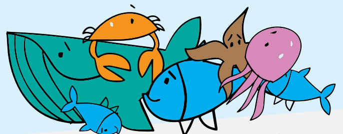
ಲೇಖಕಿ: ಮಹಿರಾ ಕಾಕಜಿವಾಲ

ಸಾಗರದಲ್ಲಿವೆ ದಶಲಕ್ಷಗಟ್ಟಳೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದಷ್ಟು ತೀರ ಸಣ್ಣ ಜೀವಿಗಳು



1. 3.5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಸಾಗರಗಳಲ್ಲಿ ಜೀವವು ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡಿರುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ಭೂಮಿಯ ಇತಿಹಾಸದ ಸುಮಾರು 50 ರಿಂದ 90% ರಷ್ಟು ಕಾಲ ತಿಳಿದಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ! ಸಾಗರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ತಾವು ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದಂದಿನಿಂದ, ನಿರಂತರವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಪರಿಸರದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಾ ಬಂದಿವೆ, ತನ್ಮೂಲಕ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಮೇಲೆ ಅಗಾಧ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿವೆ.





2. ಒಂದು ವೇಳೆ ನೀವು ಸಮುದ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳ ತೂಕವನ್ನು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಕೂಡಿದರೆ, ಸಾಗರದಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಸಸ್ತನಿಗಳು, ಶಾರ್ಕ್‌ಗಳು, ಮೀನುಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ಜೀವಿಸಂಕುಲದ ಸಂಯೋಜಿತ ತೂಕಕ್ಕಿಂತಲೂ ಎಷ್ಟೋ ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದು ಅಂದಾಜಿನ ಪ್ರಕಾರ ಕಡಲ ನೀರಿನ ಪ್ರತಿ ಮಿಲಿಲೀಟರಿನಲ್ಲಿ 1,00,000 ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಜೀವಿಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ವಾಸಿಸುವ ಜನರ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಗರಗಳಲ್ಲಿ ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿಗಳು ಇವೆ!

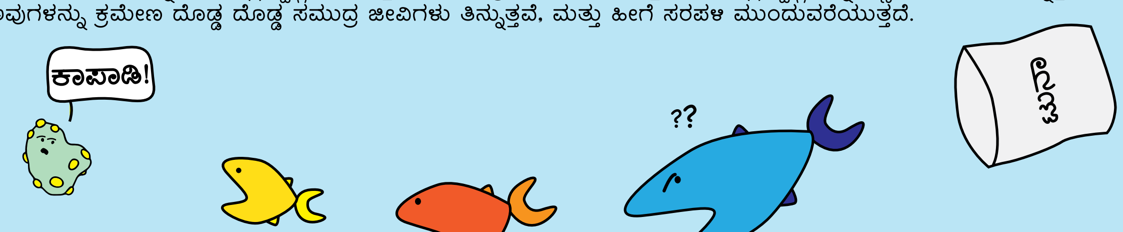
3. ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ಸಾಗರದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ರೀತಿಯ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ – ತೆರೆದ ಸಾಗರದಿಂದ ತೀರದ ವರೆಗೆ; ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತದಿಂದ ಧ್ರುವಗಳ ವರೆಗೆ; ಹಿಮದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ಆರ್ಕ್‌ಟಿಕ್ ಮತ್ತು ಅಂಟಾರ್ಕ್‌ಟಿಕ್ ನ ಧ್ರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಸಮುದ್ರದ ಆಳದಲ್ಲಿನ ಕುದಿಯುವ ಜಲೋಷ್ಣೀಯ ದ್ವಾರಗಳ ವರೆಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಅವು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ಟನ್ ತೇಲು ಜೀವಿಗಳಾಗಿ (ಮುಕ್ತ ತೇಲುವ ಜೀವಿಗಳು), ಹವಳಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಂಬಯಾಂಟ್ ಗಳಾಗಿ, ಸಮುದ್ರ ಜೀವಿಗಳ ಹೊರ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ, ಅಥವಾ ಸಮುದ್ರದ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಸರುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ!

4. ಸಾಗರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ಬಹಳ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಗುಂಪು! ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ ಮತ್ತು ಆರ್ಕೆಯಿಯಾದ ಗುಂಪುಗಳು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿರುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳೊಡನೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿ ಯುಕ್ಯಾರಿಯೋಟ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ವೈರಸ್‌ಗಳೂ ಇವೆ (ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಲವರು ಜೀವಂತವಾಗಿವೆ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಆದ್ದರಿಂದ ಅವನ್ನು ಜೀವವೃಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ತೋರಿಸುವುದಿಲ್ಲ).

ಒಂದೇ ಪೂರ್ವಜ

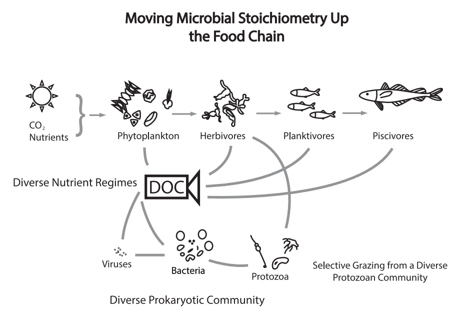
ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ	ಆರ್ಕೇಯಿಯಾ	ಯುಕೇರಿಯಾ
ಇವುಗಳನ್ನು **ನೈಜ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ** ಎಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇವು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಾಣುವ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಈ ಕೋಶಗಳು ಪ್ರೋ ಕಾರಿಯೋಟ್ ಕೋಶಗಳಾಗಿವೆ. ಅಂದರೆ ಇವುಗಳ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಕೋಶ ಪೊರೆಯಿದ್ದು ಒಳಗಡೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಅಥವಾ ಕೋಶಾಂಗಗಳು (ಅರ್ಗನೆಲ್) ಇರುವುದಿಲ್ಲ.	ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು **ವಿಪರೀತ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ** ವಾಸಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಗಳು. ಹೀಗಾಗಿ ಇವುಗಳಿಗೆ **ಎಕ್ಸ್ಟ್ರೀಮೋಫೈಲ್‌ಗಳು** ಎಂಬ ಹೆಸರೂ ಇದೆ. ಕೆಲವು ಸಾಧಾರಣ ತಾಪಮಾನ ಮತ್ತು ಲವಣತೆಯಲ್ಲಿ ಜೀವಿಸಬಲ್ಲವು ಕೆಲವಂತೂ ನಿಮ್ಮ ಕರುಳಿನಲ್ಲೂ ಬದುಕ ಬಲ್ಲವು	ಈ ಜೀವಿ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಜೀವಿಗಳು ಯುಕಾರಿಯೋಟ್ಗಳು (ಅಂದರೆ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಪೊರೆ ಇರುವ ಕೋಶಾಂಗಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.) ಇವು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಾಣುವ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರ ಬಹುದು ಅಥವಾ ಅನೇಕ ಉನ್ನತ ಸಸ್ಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಗಳಂತೆ ಬರಿಗಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಂತಿರಬಹುದು.

5. ಸಾಗರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು – ಸ್ವಯಂ ಆಹಾರ ಸಂಶ್ಲೇಷಕಗಳು (ಆಟೋಟ್ರೋಪಿಕ್), ರಸ ಸಂಶ್ಲೇಷಕಗಳು (ಕೆಮೊಟ್ರೊಫಿಕ್) ಅಥವಾ ಅನ್ಯ ಸಂಪ್ಲೇಷಿತ ಆಹಾರಾವಲಂಬಿಗಳು (ಹೆಟೆರೊ–ಟ್ರೋಫಿಕ್) – ಸಾಗರ ಆಹಾರ ಸರಪಳಿಯ ಬುನಾದಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು! ಇವನ್ನು ಝೂಪ್ಲಾಂಕ್ಟನ್ಗಳು (ಮುಕ್ತ ತೇಲುವ ಪ್ರಾಣಿಗಳು) ಸೇವಿಸುತ್ತವೆ ಝೂಪ್ಲಾಂಕ್ಟನ್ಗಳನ್ನು ಸಣ್ಣ ಮೀನುಗಳು ತಿನ್ನುತ್ತವೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಸಮುದ್ರ ಜೀವಿಗಳು ತಿನ್ನುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಸರಪಳಿ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತದೆ.



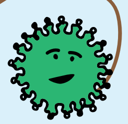
6. ಆಟೋಟ್ರೋಫಿಕ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿ–ಗಳು ಅಥವಾ ಫೈಟೋ – ಪ್ಲಾಂಕ್ಟನ್ಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಗಿಡಗಳಂತೆ – ತಾವು ಬದುಕಿ ಬೆಳೆಯಲು ದ್ಯುತಿಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತವೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಭಾಗ ಸಾಗರದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಈ ಸಾಗರ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಆಟೋ– ಟ್ರೋಫಿಕ್ ಸಮುದ್ರ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾದಿಂದ ನಡೆಯುತ್ತದೆ! ಇದರ ಇನ್ನೊಂದು ಅರ್ಧ ಸಾಗರಗಳಲ್ಲಿನ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ ಮತ್ತು ಏಕ–ಕೋಶದ ಪಾಚಿ ಒಟ್ಟಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಸ್ಯಗಳು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಆಮ್ಲ–ಜನಕವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ!

ಡಯಾಟಂಗಳು (ಏಕಕೋಶೀಯ ಪಾಚಿ) ಮತ್ತು ಸಯನೋ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ (ಪ್ರೋಕ್ಲೋರೋಕಾಕಸ್ ಮತ್ತು ಸಯನೊಸ್ಕೋಕಸ್)ಗಳು ನಾವು ಉಸಿರಾಡುವ ಒಟ್ಟು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಭಾಗವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ!

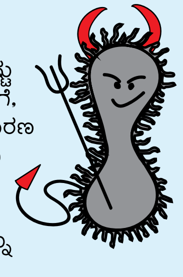


8. ಹಿಟರೋಟ್ರೋಫಿಕ್ ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ತಾವೇ ಆಹಾರವನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಶಕ್ತವಲ್ಲ. ಕೆಲವು ಹವಳದ ಪಾಲಿಪ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಹಜೀವನದ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ (ಸಿಂಬಯಾಸಿಸ್) ವಾಸಿಸುತ್ತವೆ. ವೈರಸ್ಗಳು ಮುಂತಾದ ಇತರೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಗಳು, ತಾವು ಬೆಳೆಯಲು ಮತ್ತು ಸಂತಾನೋತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ಆಹಾರ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ವೈವಿಧ್ಯಮಯವಾದ ಅತಿಥೇಯ ಜೀವಿಗಳ ಮೇಲೆ ಪರಾವಲಂಬಿ–ಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮುಕ್ತವಾಗಿ–ವಾಸಿಸುವ ಹೆಟಿರೋಟ್ರೋಫಿಕ್ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳು ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಯ ಲೂಪ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಜಾಲದ ಮೂಲಕ ಸಾಗರದಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ ಚಕ್ರ ರೂಪಿಸುವಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳು ಒಮ್ಮೆ ಜೀವಿಗಳ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿದ್ದ ಕರಗಿದ ಸಾವಯವ ಕಾರ್ಬನ್ (DOC) ಅನ್ನು ಆಹಾರದ ಮೂಲವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಏಕೈಕ ಜೀವಿಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಸಾವಯವ ವಸ್ತುವು ಆಹಾರ ಸರಪಳಿಯ ಮೇಲು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಸಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇತರ ದೊಡ್ಡ ಜೀವಿಗಳು ತಮ್ಮ ತ್ಯಾಜ್ಯವನ್ನು ಹೊರಹಾಕಿ ಅಥವಾ ಸತ್ತು, ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಇತರ ಪೋಷಕಾಂಶಗಳು ಮತ್ತೆ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳಿಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಯ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಸೋಂಕು ಹತ್ತಿ ಕೊಲ್ಲುವ ಮೂಲಕ ವೈರಾಣುಗಳು ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಯ ಜಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲದ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಮೂಲವನ್ನು ಸೃಜಿಸುತ್ತವೆ.

7. ಸಮುದ್ರದಾಳದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಕೆಮೊಟ್ರೊಫಿಕ್ ರಸಸಂಶ್ಲೇಷಕ ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳಿವೆ. ಅವು ಬದುಕಲು ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ, ಸಾಗರ ಭೂಮಿಯ ಬಿರುಕುಗಳಿಂದ (ವೆಂಟ್ಗಳಿಂದ) ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಟ್ಟ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಸಲ್ಫೈಡ್ನಂತಹ ವ್ಯಾಪಕ ಶ್ರೇಣಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದು ಅವು ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ. ಇಂಗಾಲ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ನಿಂದ ಇಂಗಾಲವನ್ನು ಬಳಸುವುದರಿಂದ, ಅವು ದೊಡ್ಡ ಜೀವಿಗಳಿಗೆ ಆಹಾರದ ಮೂಲವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ – ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ಈ ಅಗಾಧ ಆಳಗಳಲ್ಲಿ ಇತರ ಜೀವಿಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಆಹಾರ ಉತ್ಪಾದಕರಿಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತವೆ!



9. ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ನಮಗೆ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿವೆ, ಆದರೆ ಒಂದಷ್ಟು ಶೇಕಡಾವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಹಾನಿ ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಹೆಚ್ಚು ಕಲುಷಿತ ನೀರಿನಲ್ಲಿ, ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳು ತಮ್ಮ ಜೀವನ ಚಕ್ರ ಕಿರಿದಾದ ಕಾರಣ ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಸಂತಾನೋತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿ ಹಾನಿಕಾರಕ ಪಾಚಿಪ್ರವೃದ್ಧಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತವೆ (HAB) ಕೆಲವೊಂದು ಪಾಚಿಗಳು ವಿಷಕಾರಿಯಾಗಿರುವ ಕಾರಣ ಅವುಗಳನ್ನು ಸೇವಿಸುವ ಜೀವಿಗಳಿಗೆ ಹಾನಿಕಾರಕವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅವು ವಿಷಕಾರಿ ಅಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಸಹ, HAB ಗಳು ನೀರಿನಲ್ಲಿರುವ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ತಾವೇ ಖಾಲಿಮಾಡಿ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಸಾಗರದಾಳಕ್ಕೆ ತಲುಪುವುದನ್ನು ತಡೆಯುವ ಮೂಲಕ ಮೀನು ಮತ್ತು ಸಸ್ಯಗಳ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಹುದು.



10. ಹೊಸ ಹೊಸ ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿದಿನ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುತ್ತಿದೆ! ಆದರೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಹೀಗಾಗಿ ಅವುಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು (ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು) ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೊಸ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಜೀವಿಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಅವರ ಪಾತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಉತ್ತಮ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು, ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಅನುವಂಶಿಕ ವಸ್ತುಗಳ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿ, ಹುಡುಕುತ್ತಿದ್ದಾರೆ!

Poster Design: Vidya Kamalesh

ಐ ವಂಡರ್...
ಶಾಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮರುಶೋಧನೆ

ಮಹಿರಾ ಕಾಕಜಿವಾಲ ಅವರು ದಕ್ಷಿಣ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಿಂದ ಮೆರೈನ್ ಬಯಾಲಜಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಸ್ಟರ್ಸ್ ಪದವಿ ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಸಮುದ್ರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳಿಗೆ ಸೋಂಕಿಸುವ ವೈರಸ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ) ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯ ನಂತರ, ಅವರು ಈಗ ಬೆಂಗಳೂರಿನ ದಕ್ಷಿಣ ಫೌಂಡೇಶನ್ನೊಂದಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ-ಕಲಿಕೆ ಆಧಾರಿತ, ಸ್ಥಳೀಯ ವಿಷಯ ಒದಗಿಸುವ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೊಂದಿಗೆ ತೊಡಗಿಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸಮಯವನ್ನು ವಿನಿಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ನೀವು ಅವರನ್ನು mahirazk@gmail.com ನಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು.

ಅನುವಾದ: ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

Azim Premji University

ಚಿತ್ರ 1. ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದ ಮೌಂಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯ, ಯುಎಸ್ಎ, ಇಲ್ಲಿ ಎಡ್ವಿನ್ ಹಬಲ್ 100 ಇಂಚು ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನ ಮೂಲಕ ನೋಡುತ್ತಿರುವುದು. ಈ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪನ್ನು ಬಳಸಿಯೇ ಹಬಲ್ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಪ್ರಮುಖ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದನು.

ಚಿತ್ರ 2. ಮೌಂಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯದಲ್ಲಿನ ಹುಕ್ಕರ್ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನ ಒಂದು ದೃಶ್ಯ. ನೂರು ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ಕನ್ನಡಿಯುಳ್ಳ ಈ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ ಬಳಸಿಯೇ ಹಬಲ್ ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದ್ದು.

ಮೂಲ: Ken Spencer, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:100_inch_Hooker_Telescope_900_px.jpg. License: CC-BY-SA.

ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳ ಸಣ್ಣ ಸರಣಿಯನ್ನು ಎಡ್ವಿನ್ ಹಬಲ್‌ನಂತಹ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದದ್ದು ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ.

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಲಭ್ಯವಿಲ್ಲದಿದ್ದ ಒಂದು ಅನುಕೂಲತೆ ಹಬಲ್‌ಗೆ ದೊರೆತಿತ್ತು. ಅದೇ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದ ಮೌಂಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯ. ಈ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯವು ಆ ಕಾಲದ ಬೃಹತ್ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡು ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಮಟ್ಟದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಮೌಂಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಚಿತನಾಗಿದ್ದ ಸಹಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮಿಲ್ಟನ್ ಹ್ಯೂಮಸನ್ ನೆರವಿನಿಂದ ಹಬಲ್ ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಆಸುಪಾಸಿನ ಸುಮಾರು ಎರಡು ಡಜನ್ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದನು.

ಆಗಲೇ ಹಬಲ್ ಮತ್ತು ಹ್ಯೂಮಸನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಈ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಿಗೂ ಭೂಮಿಗೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಿದ್ದರು. ನಂತರ ಅವರು ಈ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ರೋಹಿತಗಳನ್ನು (ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರಾ) ದಾಖಲಿಸಲು (**ಬಾಕ್ಸ್ 1 ನೋಡಿ**) ಆರಂಭಿಸಿದರು. ಈ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಮನನ ಮಾಡುತ್ತಾ ಹಬಲ್ ಎರಡು ಗಮನಾರ್ಹ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳನ್ನು (ಟ್ರೆಂಡ್) ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಕೆಲವು ಅಪವಾದಗಳನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಆತ ವೀಕ್ಷಿಸಿದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯೂ ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟವನ್ನು (ರೆಡ್‌ಶಿಫ್ಟ್) ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತಿದ್ದು ಅದು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಇದರಿಂದ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಯಿತು. ಇದು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಯಾವ ನಿಹಾರಿಕೆಯೂ ಯಾವ ಚಲನೆಯನ್ನೂ ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಇಲ್ಲವೇ, ಅಷ್ಟೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಬಳಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿರುವ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಬಹುತೇಕ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರಸರಿಯುತ್ತಿವೆ ಎಂಬ ತಥ್ಯವು ನಿಜವಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯ. ವಿಶ್ವವು ಸ್ಥಿರ – ಅದು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಲೂ ಇಲ್ಲ ಕುಗ್ಗುತ್ತಲೂ ಇಲ್ಲ ಎಂಬ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 2 ನೋಡಿ**) ಆ ಕಾಲದ ಹಲವು ಪ್ರಮುಖ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕೆ ಈ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿ ಸಂಗತಿಯು ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾಗಿತ್ತು.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಹಿನ್ಸರಿತದ ವೇಗ ಮತ್ತು ನಮ್ಮಿಂದ ಅವುಗಳ ದೂರ –ಇವೆರಡರ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗ್ರಾಫ್ ಮೇಲೆ ಗುರುತಿಸಿದಾಗ (**ಚಿತ್ರ 4 ನೋಡಿ**) ಹಬಲ್ ಎರಡನೇ ಆಸಕ್ತಿಕರ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದನು. ನಮ್ಮಿಂದ ಹೆಚ್ಚುಹೆಚ್ಚು ದೂರವಿದ್ದಷ್ಟೂ ನಿಹಾರಿಕೆಯು ಅಷ್ಟಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಹಿಂದೆ ಸರಿಯುತ್ತಿದೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಈ ನಕ್ಷೆಗಳು ತೋರಿಸಿದವು. ಈ ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಸಂಬಂಧ ಬಹುತೇಕ ರೇಖಾತ್ಮಕವಾಗಿದೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 3 ನೋಡಿ**). ಹಬಲ್ ಮತ್ತು ಹ್ಯೂಮಸನ್ ಇದನ್ನು ಒಂದು ಗಣಿತೀಯ ಸೂತ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಈ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಿಯಮಬದ್ಧಗೊಳಿಸಿದರು: $v = H \times d$. **v** ಅಂದರೆ ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ವೇಗ, ಮತ್ತು **d** ಅಂದರೆ ಆ ನಿಹಾರಿಕೆಗೆ ಇರುವ ದೂರ. ಈ ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳು ಒಂದು ಸ್ಥಿರಾಂಕ **H** ಎಂಬ ಸಂಕೇತದ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿವೆ. ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇದನ್ನು ಹಬಲ್ ಸ್ಥಿರಾಂಕ ಎಂದು ಕರೆಯಲು ಆರಂಭಿಸಿದರು. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ವೇಗ ಮತ್ತು ದೂರ – ಇವೆರಡನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಹಬಲ್ ನಕ್ಷೆಯ ರೇಖೆಯ ಇಳಿಜಾರಿನ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ರೋಹಿತಗಳಲ್ಲಿನ ಕೆಂಪು ಮತ್ತು ನೀಲಿ ಪಲ್ಲಟ

ಪಟ್ಟಕದ(ಪ್ರಿಸಂ) ಮೂಲಕ ಬೆಳಕು ಹಾದು ಹೋದಾಗ ಅದು ಹಲವು ಭಿನ್ನ ವರ್ಣಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ವಿಭಜನೆ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಫೋಟಾನುಗಳ ವಿಭಿನ್ನ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಾಮನಬಿಲ್ಲಿನ ಬಣ್ಣಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಖರತೆಯನ್ನು ಮಾಪನ ಮಾಡಿ ಈ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ರೋಹಿತವನ್ನು(ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರಂ) ಪಡೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಉಜ್ವಲ ವಸ್ತುವಿನ ರೋಹಿತವು ಮಾಹಿತಿಯ ಚಿನ್ನದ ಗಣಿಯಿದ್ದಂತೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ

ಚಿತ್ರ 3. ಪಟ್ಟಕಗಳ(ಪ್ರಿಸಂ) ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವ ಬಿಳಿ ಬೆಳಕು ವಿವಿಧ ವರ್ಣದ ರೋಹಿತವನ್ನು(ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರಂ) ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

Source: Vilisvir, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-dispersion.png. License: CC-BY-SA.

ನಕ್ಷತ್ರ, ನಿಹಾರಿಕೆ ಅಥವಾ ನೆಬ್ಯುಲಾಗಳ ರೋಹಿತವು ಅವುಗಳ ತಾಪಮಾನ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಘಟಕಾಂಶಗಳು, ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆ ಇತ್ಯಾದಿಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವೊಂದು ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದರ ವೇಗವನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸಲೂ ಇದು ಸಹಕಾರಿ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುವ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದರ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ದೀರ್ಘತರ ತರಂಗಾಂತರದತ್ತ ಮತ್ತು ಅಲ್ಪತರ ಶಕ್ತಿಗಳತ್ತ ಪಲ್ಲಟವು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ (ರೆಡ್ ಶಿಫ್ಟ್) ಎನ್ನುವರು. ಒಂದು ವೇಳೆ ವಸ್ತುವು ನಮ್ಮತ್ತ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಹ್ರಸ್ವತರ ತರಂಗಾಂತರಗಳತ್ತ ಮತ್ತು ಅಧಿಕತರ ಶಕ್ತಿಗಳತ್ತ ಪಲ್ಲಟವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ನೀಲಿ ಪಲ್ಲಟ (ಬ್ಲೂ ಶಿಫ್ಟ್) ಎನ್ನುವರು. ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ಪಲ್ಲಟವೂ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವುದು.

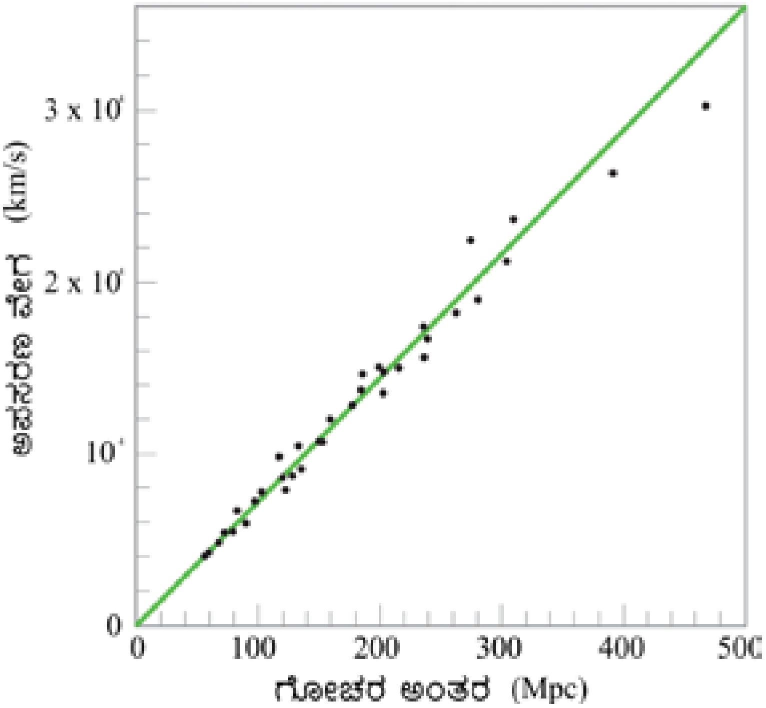
ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಖಗೋಳ ವಸ್ತುಗಳ ರೋಹಿತವನ್ನು ದಾಖಲಿಸುವುದು ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯತ ಅಂಗವಾಗಿಬಿಟ್ಟಿದೆ. ರೋಹಿತಲೇಖಿ (ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರೊಗ್ರಾಫ್) ಎಂಬ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಇದನ್ನು ದಾಖಲಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹಳೆಯ ಮಾದರಿಯ ರೋಹಿತಲೇಖಿಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲು ಪಟ್ಟಕವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ. ಹೊಸ ಮಾದರಿಗಳು ಪಟ್ಟಕದ ಬದಲಾಗಿ ಗ್ರೇಟಿಂಗ್ ಎಂಬ ದೃಗ್ (optical) ಉಪಕರಣವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ.

ಹಬಲ್ ಸ್ಥಿರಾಂಕ ಕೇವಲ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ. ಸುಮಾರು ೯೦ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯುತ್ತಲೇ ಬಂದಿದ್ದಾರೆ. ಕಾರಣ, ಇದು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ಕುರಿತು ನಮಗೆ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಅಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಸಿಕೊಡಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿದೆ. ನಾವು ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಶ್ವದ ವಯಸ್ಸು (ಏಜ್ ಆಫ್ ದಿ ಯೂನಿವರ್ಸ್) ಎಂಬ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪುನಃ ನೋಡೋಣ.

ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು

ಹಬಲ್‌ನ ಪಥಪ್ರದರ್ಶಕ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಯಥಾವತ್ತಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಅದು ವಿಶ್ವವನ್ನು ಕುರಿತ ಸಂಪೂರ್ಣ ತಪ್ಪು ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ರೋಹಿತಗಳು ಅವೆಲ್ಲವೂ ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ ನಾವು ಈ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರಬಿಂದು ಎಂದರ್ಥವೇ? ನಾವು ಇದಕ್ಕೆ "ಹೌದು" ಎಂದು ಉತ್ತರಿಸಲು ಉದ್ಯುಕ್ತರಾಗುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಅಂತಹ ಊಹೆ ಮಾನವನ ಹಳೆಯ ತಪ್ಪು ಊಹೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯು ವಿಶ್ವದ ಕೇಂದ್ರಬಿಂದು ಎಂದು ಶ್ರೇಷ್ಠ ಮೇಧಾವಿಗಳೂ ನಂಬಿದ್ದ ಕಾಲ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿದ್ದಿತು. ಹಿನ್ನೋಟದಿಂದ ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಹಾಸ್ಯಸ್ಪದ ಎನಿಸೀತು. ಆದರೆ ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಹಾಸ್ಯಸ್ಪದವೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಭೂಮಿಯು ಸ್ಥಿರವೆಂದು ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯ, ಚಂದ್ರ, ನಕ್ಷತ್ರಾದಿಗಳು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ



ಚಿತ್ರ 4. ಹಬಲ್ ಮತ್ತು ಹ್ಯುಮಸನ್ ರಚಿಸಿದ ನಕ್ಷೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ವೇಗ – ಅಂತರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಒಂದು ಗ್ರಾಫ್. ಲಂಬ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ವೇಗವನ್ನು ಕಿಲೋಮೀಟರ್/ ಸೆಕೆಂಡ್ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿದೆ. ಅಡ್ಡ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಿಂದ ಇತರ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ದಶಕೋಟಿ ಪಾರ್‌ಸೆಕ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿದೆ (ಒಂದು ಪಾರ್‌ಸೆಕ್ ಅಂದರೆ 3.26 ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳು). ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಗಳು ಈ ನಮೂನೆಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ನಿಹಾರಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿವೆ. ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರವಿರುವ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಅಧಿಕತರ ವೇಗ ಹೊಂದಿರುವುದನ್ನು ಸಹ ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿನ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಹರವು ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗ ಮತ್ತು ಅಂತರಗಳ ನಡುವೆ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ದಪ್ಪ ಹಸಿರು ರೇಖೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ರೇಖೆಯ ಪ್ರವಣತೆಯೇ (Slope) ಹಬಲ್ ಸ್ಥಿರಾಂಕ.

ಸುತ್ತುತ್ತಿವೆಯೇನೋ ಎಂದು ನಮಗೆ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ಭೂಮಿ ಹಾಗೂ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳು ಸುತ್ತು ಹಾಕುತ್ತಿವೆ ಎಂಬ ವಾಸ್ತವಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ವರ್ಷಾನುಗಟ್ಟಲೆಯ ವೀಕ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಆಳವಾದ ಚಿಂತನೆಗಳು ಬೇಕಾಯಿತು. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ, ಸೂರ್ಯನೂ ಸ್ಥಿರವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಿದ್ದೂ ಸಹ ಎಷ್ಟೋ ಸಮಯದ ನಂತರವೇ. ಸೂರ್ಯನು ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಒಂದು ಮೂಲೆಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದುಕೊಂಡು ಇನ್ನಿತರ ಬಿಲಿಯಾಂತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೊಂದಿಗೆ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಸುತ್ತುಹಾಕುತ್ತಿದ್ದಾನೆ.

ಜ್ಞಾನವು, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಕಲ್ಪಿತ ಮಹತ್ವದಿಂದ ನಮ್ಮನ್ನು ಪಲ್ಲಟಗೊಳಿಸಿದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಹೇರಳವಾಗಿವೆ. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬಹಳಷ್ಟು ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಬಲ್‌ನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಎಚ್ಚರ ವಹಿಸಿದರು. ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯು ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರಬಿಂದು ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನ ಹಳೆಯ ತಪ್ಪಿನ ಪುನರಾವರ್ತನೆ ಆಗುತ್ತದೆಯಷ್ಟೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂದು ಹೊಸ ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟರು. ಅದೇನೆಂದರೆ, ನಾವು ಯಾವುದೇ ನಿಹಾರಿಕೆಯಿಂದ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೂ ಸಹ ಇತರ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಓಡುತ್ತಿರುವುದು

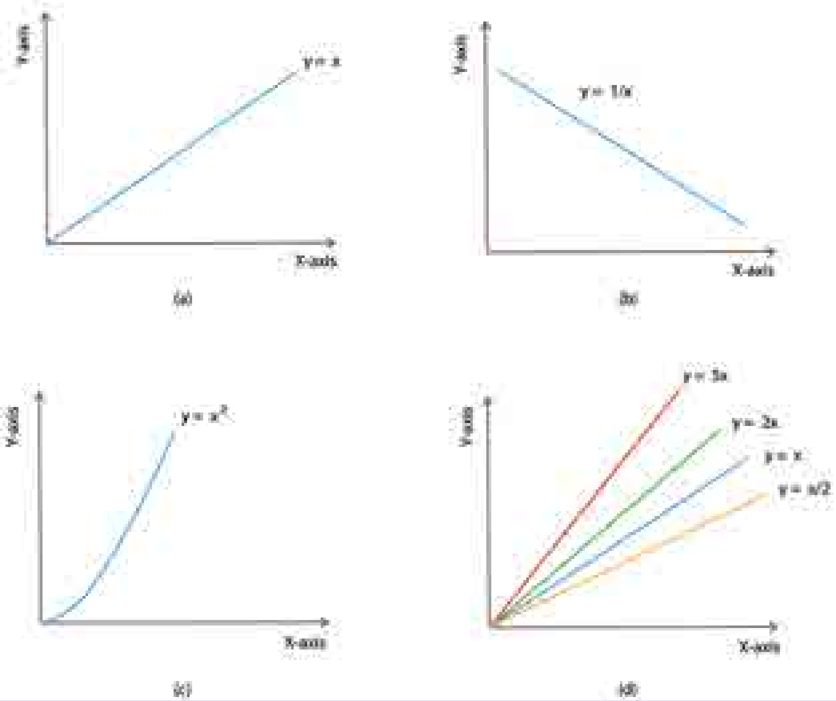
ಬಾಕ್ಸ್ 2. ನನ್ನ ಜೀವನದ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾದ!

ಹಬಲ್ ಮತ್ತು ಹ್ಯುಮಸನ್ ಇವರುಗಳ ಮಹತ್ತರ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಸುಮಾರು ಒಂದು ದಶಕದ ಮುನ್ನ 1916ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಗುರುತ್ವವನ್ನು ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ವಿವರಿಸುವ ಗಣಿತ ಸೂತ್ರಗಳ ಸಂಚಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಈ ಗಣಿತ ಸೂತ್ರವು ತಾರ್ಕಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದ್ದು ವಿಶ್ವವು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಈ ಸೂತ್ರಗಳು ಸ್ಥಿರವಲ್ಲದ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದವು. ಸ್ವತಃ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಈ ಫಲಿತಾಂಶದಿಂದ ದಿಗಿಲುಗೊಂಡನಲ್ಲದೆ ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲಾರದೆ ಹೋದನು. ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದು ಸರ್ವತ್ರ ಇದ್ದ ಅಭಿಪ್ರಾಯವಾಗಿತ್ತು; ಇದು ಹಾಗಲ್ಲ ಹೀಗೆ ಎಂದು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಯಾವ ಆಧಾರವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ತನ್ನ ಮಾದರಿ ಅಪೂರ್ಣ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟನು. ಇದನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ಮತ್ತು ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಸರಿಹೊಂದಿಸಲು ತನ್ನ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಥಿರಾಂಕವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದನು. ಆದರೆ ಹಬಲ್‌ನ ಆವಿಷ್ಕಾರದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದ ನಂತರ ಆ ಸ್ಥಿರಾಂಕವನ್ನು ಸಂತೋಷದಿಂದ ತೆಗೆದುಹಾಕಿದನು. ಹೀಗೆ ಸ್ಥಿರಾಂಕವನ್ನು ಬಲವಂತವಾಗಿ ತನ್ನ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದ್ದನ್ನು ಆತ ತನ್ನ ಜೀವನದ "ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾದ" ಎಂದು ಹೇಳಿದ.

ಕುತೂಹಲದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಮಕಾಲೀನರಾದ ವಿಲೆಮ್ ಐಸಿಟ್ಟರ್, ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಫ್ರಿಡ್‌ಮನ್ ಮತ್ತು ಜಾರ್ಜಸ್ ಲಿಮಾಟ್ರೆ – ಇವರುಗಳು ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿದೆ ಎಂಬ ಅದೇ ಗಣಿತೀಯ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಬಳಸಿದರು. ಅವರು ತಮ್ಮ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ನಿಯತಕಾಲಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ್ದರಾದರೂ ಹಬಲ್ ಮತ್ತು ಹ್ಯೂಮಸನ್ನರ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಬಹಳೆಡೆ ಪುನರಾವರ್ತಿತವಾಗಿ ಸತ್ಯವೆಂದು ಪ್ರಮಾಣೀಕೃತವಾದ ನಂತರವೇ ಅವುಗಳನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮುದಾಯವು ಗಂಭೀರವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದವು.

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧಗಳು:

ಹಬಲ್ ವೇಗ– ದೂರದ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಂತೆ ಕಾಣುವ ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧಕ್ಕೆ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧ ಎನ್ನುವರು. ಒಂದು ಪರಿಮಾಣವು ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿ ದ್ವಿಗುಣಗೊಂಡರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಮಾಣವೂ ದ್ವಿಗುಣಗೊಳ್ಳುವುದು. ಇದೇ ರೀತಿ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅರ್ಧ ಮಾಡಿದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಮಾಣವೂ ಅರ್ಧಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸಂಬಂಧವು ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳ ನಡುವೆ ಕಂಡು ಬಂದಾಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯ ಮುಖಾಂತರ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಾರೆ.



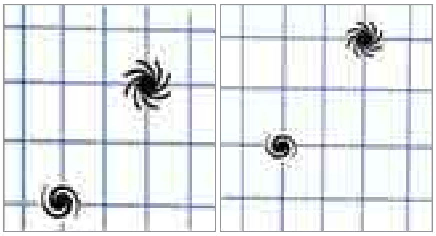
ಚಿತ್ರ 5. ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು a) ಈ ಗ್ರಾಫ್ ಅಡ್ಡ ಮತ್ತು ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿತಗೊಳ್ಳುವ ಪರಿಮಾಣಗಳ ನಡುವಣ ಧನ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. b) ಈ ಗ್ರಾಫ್ ಅಡ್ಡ ಮತ್ತು ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿತಗೊಳ್ಳುವ ಪರಿಮಾಣಗಳ ನಡುವಣ ಋಣ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. c) ಈ ಗ್ರಾಫ್ ರೇಖಾತ್ಮಕವಲ್ಲದ (ಅರೇಖೀಯ) ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಲಂಬ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿತಗೊಳ್ಳುವ ಪರಿಮಾಣವು ಅಡ್ಡ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿತ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುದು. d) ಕ್ರಮವಾಗಿ 5, 2, 1 ಮತ್ತು 0.5 ಪ್ರವಣತೆ(slopes)ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಧನರೇಖಾತ್ಮಕ ಸಂಬಂಧದ ನಾಲ್ಕು ಉದಾಹರಣೆಗಳು.

ಕಂಡುಬರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ಪಕ್ಷ ಅನ್ಯಲೋಕದ ಓರ್ವ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತಾವುದೋ ನಿಹಾರಿಕೆಯಿಂದ ಹಬಲ್ ಮತ್ತು ಹ್ಯೂಮಸನ್ ಕೈಗೊಂಡ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ನಡೆಸಿದರೆ ಆತನೂ ಸಹ ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿದೆ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೇ ಬರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಇದೇ ತಕ್ಕುದಾದ ಸ್ಥಾನ ಎಂಬುದಿಲ್ಲ. ನಾವು ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ನೋಡಿದರೂ ಸಹ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವು ಬೃಹತ್ ಭೌತಿಕ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಏಕರೂಪತೆ (ಹೊಮೊಜೆನಿಟಿ) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಅಂದಿನಿಂದ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಕೇಂದ್ರ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದೆ.

ವಿಶ್ವದ ಏಕರೂಪತೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಏಕಮಾತ್ರ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ಆಕಾಶವೇ (ಸ್ಪೇಸ್) ಸ್ವತಃ ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸುವುದು. ಇದು ನಂಬಲಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತೋರಿಬಂದರೂ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಆಕಾಶದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಎಂಬ ಕೌತುಕಮಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಈ ಲೇಖನದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಹೊರಗೆ ಇದ್ದಾಗ್ಯೂ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ನಾವಿದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ನಾವು ಜೀವಿಸುತ್ತಿರುವ ಮೂರು ಆಯಾಮದ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಎರಡು ಆಯಾಮದ ರಚನೆಯೊಂದು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತಿದೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ (**ಚಿತ್ರ 6** ನೋಡಿ). ಪರಸ್ಪರ ಹತ್ತಿರ ಇರುವ ಎರಡು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಚಲಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದ ನಂತರ ನಮ್ಮ ಕೃತಕ ವಿಶ್ವವು ಭಿನ್ನವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯಿಂದ ನೋಡಿದಾಗ ಮತ್ತೊಂದು ನಿಹಾರಿಕೆಯು ಅದರಿಂದ ದೂರ ಸರಿದಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗಿದೆ. ಆದರೂ ಸಹ ನಾವು ಈ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರ ಯಾವುದೆಂದು ಕೇಳಿದರೆ ಆಗ ನಮಗೆ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬೆರಳಿಟ್ಟು ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದು. ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿರುವುದು ಅವುಗಳ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಚಲನೆಯ ಕಾರಣಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿ ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರದ ಆಕಾಶದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯಿಂದ.

ಹುಟ್ಟಿನ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರವಾಗಿ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ

ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಎಂಬುದು ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಮಹತ್ವದ ಅನ್ವೇಷಣೆ. ಏಕೆಂದರೆ,



ಚಿತ್ರ 6. ಆಕಾಶದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ

ಇದು ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹುಟ್ಟು ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ನಮ್ಮ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಸೂಚಿಸುತ್ತಿವೆ. ನಾವು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಹೋದರೆ ಏನಾಗಬಹುದು? ನಿಶ್ಚಯವಾಗಿ ನಾವು ಆಕಾಶವು ಕುಗ್ಗುವುದನ್ನು, ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪಿಸುವುದನ್ನು, ಕಡೆಗೆ ಸಮಸ್ತವೂ ವಿಶ್ವದ ದ್ರವ್ಯಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆವರಿಸುತ್ತಾ ಏಕೈಕ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕುಸಿಯುವುದನ್ನು ಕಾಣಲೇಬೇಕು. ದ್ರವ್ಯ, ಶಕ್ತಿ, ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳು ಸೂಕ್ಷ್ಮತಮ ಅಸ್ತಿತ್ವದಿಂದ ಹೊರ ಹೊಮ್ಮಿದವು ಎಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಬೆಲ್ಜಿಯಂನ ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಜಾರ್ಜ್ ಲಮೇತ್ರ (Georges Lemaitre) ಎಂಬಾತ ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಮಂಡಿಸಿದನು. ಅಂತಹ ಆದಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಿಂದ ಈ ವಿಶ್ವವು ಮೊದಲ್ಗೊಂಡು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಿಗ್ಗಲಾರಂಭಿಸಿರಬೇಕು. ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಈ ಪ್ರಾರಂಭಕ್ಕೆ 'ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್' ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಈ ಪ್ರಾರಂಭ ಒಂದು ಸ್ಫೋಟದಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು 'ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್' (ಮಹಾ ಸ್ಫೋಟ) ಎಂದು ಕರೆದರು.

ಇಂದು ವಿಶ್ವದ ಉಗಮಕ್ಕೆ ಈ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಎಂಬ ನುಡಿಗಟ್ಟನ್ನು ಬಳಸುವುದು ಸರ್ವೇ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಸತ್ಯವೇನೆಂದರೆ ಈ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಮೂಲ ಯಾವುದು ಅಥವಾ ಸ್ಫೋಟದಿಂದಾಗಿಯೇ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಆರಂಭವಾಗಿರಬಹುದೇ ಎಂಬುದು ಯಾರಿಗೂ ತಿಳಿಯದು. ನಮಗೀಗ ಲಭ್ಯವಿರುವ ವೀಕ್ಷಣಾ ಸೌಲಭ್ಯಗಳ ಮತ್ತು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ನೆರವಿನಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಹುಟ್ಟಿನ ಕಾಲವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟವೇ. ಆದರೆ, ಈ ವಿಶ್ವವು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ ಹಾಗು ಈ ಮುಂಚೆ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿದು ಚಿಕ್ಕದಿದ್ದಿರಬೇಕು ಎಂಬ ಅಂಶ ಮಾತ್ರ ನಿರ್ವಿವಾದ.

ವಿಶ್ವದ ವಯಸ್ಸು

ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹುಟ್ಟು ಎಂದಿದ್ದರೆ ಮೂಡುವ ಸಹಜ ಪ್ರಶ್ನೆ ಹಾಗಾದರೆ ಅದರ ವಯಸ್ಸೆಷ್ಟು ಎಂಬುದು. ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಕುರಿತಾದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಅದು ಹೇಗೆಂದು ತಿಳಿಯಲು ಈ ಕೆಳಗಿನ ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ನೋಡಿ:

ಕಾರ್ ರೇಸ್ ವೀಕ್ಷಿಸಲು ನೀವು ರೇಸ್ ಕೋರ್ಸ್‌ಗೆ ಧಾವಿಸುತ್ತಿದ್ದೀರಿ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ಆ ದಿನ ಬೀದಿಯು ಜನ ನಿಬಿಡವಾಗಿದ್ದು ಟ್ರಾಫಿಕ್ಕನ್ನು ಹೇಗೋ ದಾಟಿಕೊಂಡು ಕಡೆಗೆ ಆ ಸ್ಥಳವನ್ನು ತಲುಪುತ್ತೀರಿ. ಆದರೆ ರೇಸ್ ಆಗಲೇ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿದೆ ಎಂದು ನಿಮಗೆ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ನೀವು ಗ್ಯಾಲರಿಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತುಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ. ಅಲ್ಲಿ ಎರಡು ತಂಡಗಳು ಸ್ಪರ್ಧಿಸುತ್ತಿವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾರು ಈಗಾಗಲೇ ಸ್ಟಾರ್ಟ್ ರೇಖೆಯಿಂದ ಹೊರಟು ಆ ರೇಖೆಯಿಂದ ೮೦ ಕಿ.ಮೀ ದೂರ ಸಾಗಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರು ೪೦ ಕಿ.ಮೀ. ಹಿಂದೆ ಉಳಿದಿದೆ. ಪ್ರದರ್ಶಕ ಫಲಕವು ಎರಡು ಕಾರುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಗಂಟೆಗೆ ೮೦ ಮತ್ತು ೪೦ ಕಿ.ಮೀ. ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತಿದೆ (**ಚಿತ್ರ 7** ನೋಡಿ). ಇದರಿಂದ ಈ ರೇಸ್ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿ ಒಂದು ಗಂಟೆ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ನೀವು ಅರಿಯಲು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಬೇಕಾಗದು. ಆದರೆ ಈ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬೇಕಾದರೆ ಯಾವುದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ಕಾರುಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ (acceleration) ಅಥವಾ ವೇಗಾಪಕರ್ಷ (deceleration)ವಿಲ್ಲದೆ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸಂಚರಿಸುತ್ತಾ ಇವೆ ಎಂಬ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಊಹೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸೋಣ. ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ೧೪೦೦ ಕಿ.ಮೀ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದ ನಿಹಾರಿಕೆ ನಮ್ಮಿಂದ 6 ಮಿಲಿಯನ್ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷದಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿತ್ತು ಎಂದೂ ಹಾಗೂ ಇದರ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದ ನಿಹಾರಿಕೆಯು ನಮ್ಮಿಂದ

ಚಿತ್ರ 7. ಎರಡು ಕಾರುಗಳ ನಡುವಣ ರೇಸ್ ಯಾವಾಗ ಆರಂಭಗೊಂಡಿತು?

ಬಾಕ್ಸ್ 4. ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್

ವಿಚಿತ್ರ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ, "ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್" ಎಂಬ ನುಡಿಗಟ್ಟನ್ನು ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಫ್ರೆಡ್ ಹೊಯ್ಲೆ ಬಳಕೆಗೆ ತಂದನು. ಆತ ಸಮಸ್ತ ವಿಶ್ವವು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಗೊಂಡಿತು ಎಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯು ಹಾಸ್ಯಾಸ್ಪದವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದನು. ಒಂದೆಡೆ, ತನ್ನ ಜೀವಿತದ ಕಡೆಯವರೆಗೂ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕಟು ವಿಮರ್ಶಕನಾಗಿ ಮುಂದುವರೆದನು. ಮತ್ತೊಂದೆಡೆ, ಆತ ನೀಡಿದನು ಹೆಸರು ಮಾತ್ರ ಉದಾಸೀನ ಮಾಡಲಾಗದಷ್ಟು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿಯಾಗಿ ಉಳಿಯಿತು.

ಅದರ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ದೂರ ಸಾಗಿತ್ತು ಎಂದೂ ಹಬಲ್ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಯಾವಾಗ ನಡೆದಿರಬಹುದು ಎಂದು ನಾವು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಬಹುದು:

$$\text{ವಿಶ್ವದ ವಯಸ್ಸು} = \frac{\text{ಯಾವುದೇ ನಿಹಾರಿಕೆ ನಮ್ಮಿಂದ ಇರುವ ದೂರ}}{\text{ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ವೇಗ}} = \frac{1}{H}$$

ಹಬಲ್ ಸ್ಥಿರಾಂಕದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಏಕೆ ಅಷ್ಟೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ವಿಶ್ವದ ವಯಸ್ಸನ್ನು ಅಂದಾಜಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ನಾವಿಂದು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಿದ ದರದಲ್ಲಿಯೇ ವಿಶ್ವವು ಸದಾ ಹಿಗ್ಗುತ್ತಾ ಬಂದಿದೆ ಎಂದು ನಿರ್ಣಾಯಕವಾಗಿ ಊಹಿಸುತ್ತೇವೆ ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜವೇ. ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಕುರಿತ ಸದ್ಯದ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಅಂದಾಜುಗಳ ಪ್ರಕಾರ ವಿಶ್ವವು 14 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಳೆಯದು. ಹೀಗೆ ದೂರದ ಗತಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಂಭವಿಸಿರಬೇಕು.

ಸದಾಸ್ಥಿತ ಅಥವಾ ಉಗಮಿತ

20 ನೇ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಎರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಸ್ಪರ್ಧೆಯಲ್ಲಿದ್ದವು. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಹರ್ಮನ್ ಬೋಂಡಿ, ಥಾಮಸ್ ಗೋಲ್ಡ್ ಮತ್ತು ಫ್ರೆಡ್ ಹೊಯ್ಲ್ (Fred Hoyle) – ಇವರುಗಳು ಮಂಡಿಸಿದ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ದೇಶಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ ಅನಂತವಾಗಿರುವ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಕುರಿತಾಗಿ ಹೇಳಿತು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವಿಶ್ವವು ಸದಾ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಹುಟ್ಟಿನ ಬಗೆಗೆ ಮಾತನಾಡುವುದು ಅರ್ಥಹೀನ. ಇದಕ್ಕೆ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿದ್ದುದು ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಇದನ್ನು ಜಾರ್ಜ್ ಗಾಮೊ, ರಾಲ್ಫ್ ಅಲ್ಫರ್ ಮತ್ತು ರಾಬರ್ಟ್ ಹರ್ಮನ್ (**ಚಿತ್ರ 8** ನೋಡಿ)– ಮಂಡಿಸಿದರು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಒಂದು ಆದಿ ಇದೆ ಎಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟಿತು.

ವಿಶ್ವವು ಸದಾ ಹಿಗ್ಗುತ್ತಿದೆ ಎಂಬ ತಿಳುವಳಿಕೆ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಮಾದರಿಗೆ ಸಂಚಕಾರ ಒಡ್ಡಿತು. ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಾ ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಇದು ಅನಂತ ಕಾಲದಿಂದ ಹೀಗೆ ನಡೆದುಕೊಂಡು ಬಂದಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ನಾವು ರಾತ್ರಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಾಣಲಾಗದಷ್ಟು ಪರಸ್ಪರ ದೂರ ಸರಿದಿದ್ದಿರಬೇಕಾಗಿತ್ತು. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಅದು ಹಾಗಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪುಗಳನ್ನು ಯಾವುದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿಸಿದರೂ ಸಹ ಅನೇಕ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ನಮಗೆ ಕಂಡೇ ತೀರುತ್ತವೆ.

ಜಾರ್ಜ್ ಗಾಮೊ (1904- 1968)

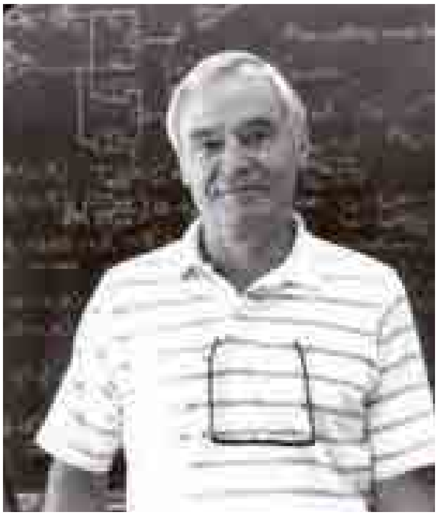
ರಾಲ್ಫ್ ಆಲ್ಫರ್ (1921-2007)

ಚಿತ್ರ 8. ರಾಬರ್ಟ್ ಹರ್ಮನ್‌ರೊಡನೆ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಿದ ಜಾರ್ಜ್ ಗಾಮೊ ಮತ್ತು ರಾಲ್ಫ್ ಆಲ್ಫರ್. ಗಾಮೊ ಸೋವಿಯತ್ ಯೂನಿಯನ್‌ನಲ್ಲಿ ಜನ್ಮ ತಾಳಿದ. ಯುರೋಪ್‌ನಲ್ಲಿ ಕೆಲ ಕಾಲವಿದ್ದು ನಂತರ 1930ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕೆಗೆ ತೆರಳಿದ. ನಂತರ ಅಮೇರಿಕಾದ ಜಾರ್ಜ್ ವಾಷಿಂಗ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಸೇರಿದ. ತನ್ನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ರಾಲ್ಫ್ ಆಲ್ಫರ್ ಮತ್ತು ಸಹೋದ್ಯೋಗಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಹರ್ಮನ್‌ರೊಡನೆ ಜೊತೆಗೂಡಿ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇಲೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದಲ್ಲದೆ ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಊಹಿಸಿದ.

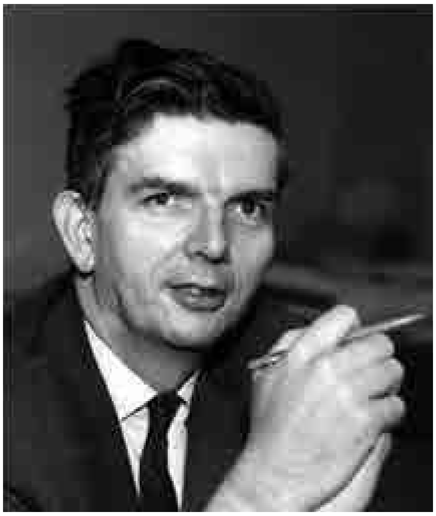
ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿದವರು ಈ ಕಸಿವಿಸಿಕಾರಕ ವಿರೋಧಾಭಾಸವನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ವಿಶ್ವವು ಹಿಗ್ಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಶೂನ್ಯ ಅವಕಾಶದಿಂದ ದ್ರವ್ಯವು ತಂತಾನೇ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಯಿತು ಎಂಬ ವಿವರಣೆ ಕೊಟ್ಟರು. ಈ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ತೊಡಕಿಲ್ಲದೇ ಇಲ್ಲ. ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಇದು ಉಲ್ಲಂಘಿಸಿತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ತಂತಾನೆ ದ್ರವ್ಯವು ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡಾಗ ಅಷ್ಟೇ ಮೊತ್ತದ ಪ್ರತಿದ್ರವ್ಯವೂ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಪ್ರತಿ–ದ್ರವ್ಯವು ಅತಿ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸಲು ದ್ರವ್ಯ ಸೃಷ್ಟಿಯ ದರ ಎಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪವೆಂದರೆ (ಪ್ರತಿ ಟ್ರಿಲಿಯನ್ (ಒಂದು ಲಕ್ಷಕೋಟಿ) ವರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಂದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು) ಆ ಕ್ರಿಯೆ ಆಗುತ್ತಿರುವಂತೆ ಅದನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯ.

ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಅಥವಾ ವೀಕ್ಷಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತಾಳೆ ನೋಡಲಾಗದ ವಿಚಾರಗಳ ಜೀವಿತಕಾಲ ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಅಂತಹ ವಿಚಾರಗಳು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಎನಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅರ್ಹವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ ಅವು ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆ ಅಥವಾ ಅನುಭವದ ಊಹೆ ಎನಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ತಂತಾನೆ ಸೃಷ್ಟಿಗೊಳ್ಳುವ ದ್ರವ್ಯದ ಹೊಯ್ಲ್ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮುದಾಯದಿಂದ ಅಲ್ಪ ಪುರಸ್ಕಾರ ಮಾತ್ರ ದೊರಕಿತು. ಮತ್ತೆ ಮತ್ತೆ ಕೈಗೊಂಡ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಥಿರನೆಲೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಾ ಬಂದಿದ್ದರಿಂದ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಭವಿಷ್ಯ ಮಸುಕಾಗಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿತು.

ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಯಾವುದೇ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾದರಿಯು ಊಹಿಸಿದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅದು ಬಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಇತಿಹಾಸದ ರೋಮಾಂಚಕಾರಿ ಕಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎರಡನೇ ಬಾರಿಗೆ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇಲೆ ಜಯ ಸಾಧಿಸಿ ಇಂತಹ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತವಾಗಲಿದೆ. ಜಾರ್ಜ್ ಗಾಮೊ ಮತ್ತು ಸಂಗಡಿಗರು 1948ರಲ್ಲಿ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಆಧರಿಸಿದ ಒಂದು ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಬಂಧದಲ್ಲಿ ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು



ಡೇವಿಡ್ ವಿಲ್ಕಿನ್‌ಸನ್ (1935 - 2002)



ರಾಬರ್ಟ್ ಡಿಕ್ (1916 - 1997)

ಜಿಮ್ ಪೀಬಲ್ಸ್ (ಜನನ 1935)

ಚಿತ್ರ 9. ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ರಾಬರ್ಟ್ ಡಿಕ್, ಡೇವಿಡ್ ವಿಲ್ಕಿನ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಜಿಮ್ ಪೆಬಲ್ಸ್. ಜಾರ್ಜ್ ಗಾಮೋ ಮತ್ತವನ ಗುಂಪು ಊಹಿಸಿದ ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಈ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಿರಂತರ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡರು.

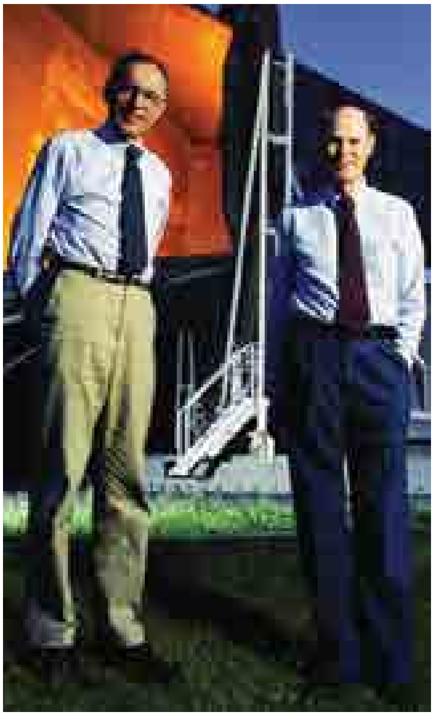
ಊಹಿಸಿದರು. ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ 20 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಅದು ಸತ್ಯವೆಂದು ಅದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಸಾಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

ವಿಶ್ವದ ಅತ್ಯಂತ ಪುರಾತನ ಬೆಳಕಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರ

ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವಿಶ್ವವು ರೂಪುಗೊಂಡ ಕೆಲವು ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ನಂತರ ವಿಶ್ವವು ಅತಿ ಶಕ್ತಿಯುತ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಸಾಂದ್ರ ಸಮುದ್ರವಾಗಿತ್ತು. ಈ ಸಮುದ್ರದ ಫೋಟಾನುಗಳು ನಾವು ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಶಕ್ತಿಯುತ ಫೋಟಾನುಗಳಿಗಿಂತ ಬಿಲಿಯನ್ ಪಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿದ್ದವು. ಈ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ವಿಶ್ವವೂ ಸಹ ಹಿಗ್ಗುತ್ತಲಿತ್ತು. ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ ಒಂದು ವಿಧದ ಕೆಲಸ ಎಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಹೇಳುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲದರಿಂದಲೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಭೌತಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಅಂತರ್ಶಕ್ತಿ **(ಇಂಟರ್ನಲ್ ಎನರ್ಜಿ)** ಎನ್ನಲಾಗುವ ಅದರದೇ ಆದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವ್ಯಯಿಸಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅದು ಕೆಲಸ ಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಈ ವಾಸ್ತವಾಂಶವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಶಾಖೆಯಾದ ಉಷ್ಣಬಲ ವಿಜ್ಞಾನದ (Thermodynamics) ಮೂಲಾಧಾರ. ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವವೂ ಸಹ ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿತ ವ್ಯವಸ್ಥೆ. ಅನ್ಯೋನ್ಯ ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎರವಲು ಪಡೆಯುವದಕ್ಕಾಗಲೀ ವಿಶ್ವದ ಹೊರಗೆ ಏನೂ ಇಲ್ಲ ಎಂದು ನಾವು ಹೇಳಬಲ್ಲೆವು. ಇದು ಯಾವುದೇ ಕೆಲಸ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಅಂದರೆ ಹಿಗ್ಗುವುದು ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡದಾಗುವುದು, ತನ್ನ ಅಂತರ್ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ, ವಿಶ್ವವು ಹುಟ್ಟಿದ ತಕ್ಷಣ ಅದರಲ್ಲಿ ತುಂಬಿದ ಫೋಟಾನುಗಳು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿರಬೇಕೆಂದು ಇದರ ಅರ್ಥ.

ಈ ಆಲೋಚನಾ ಸರಣಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಜಾರ್ಜ್ ಗಾಮೊ ಮತ್ತು ಸಂಗಡಿಗರು ಒಂದು ಪಕ್ಷ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ನಿಜವೇ ಆದಲ್ಲಿ ಅದರ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಪ್ರಥಮ ಕ್ಷಣಗಳ ವಿಕಿರಣವನ್ನು (ಅಂದರೆ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು) ಇಂದಿಗೂ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕು ಎಂದು ಊಹಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ನಂತರದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ 14 ಬಿಲಿಯನ್ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವಿಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೀಣವಾಗಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಗಾಮೊ ಮತ್ತು ಆತನ ತಂಡ ಈ ವಿಕಿರಣಗಳು ನಾವು ಬರಿಗಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಬೆಳಕಿಗಿಂತಲೂ ಸಾವಿರಪಟ್ಟು ಅಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ಫೋಟಾನುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದಿರಬೇಕು ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿತು. ಇದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಇದ್ದರೆ ಈ ವಿಕಿರಣ ಸಮಸ್ತ ವಿಶ್ವವನ್ನು ವ್ಯಾಪಿಸುತ್ತದೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಗಗನದ ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲೂ ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕು. ಗಾಮೊ ಮತ್ತು ಆತನ ತಂಡ ಇದನ್ನು "ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣ" **(ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ಬ್ಯಾಕ್‌ಗ್ರೌಂಡ್ ರೇಡಿಯೇಷನ್)** ಅಥವಾ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್/CMBR ಎಂದು ಕರೆದರು.

ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್ ಅನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಕುರಿತು ಕುತೂಹಲಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ರಾಬರ್ಟ್ ಡಿಕ್ ನೇತೃತ್ವದ ಒಂದು ಸಂಶೋಧಕರ ತಂಡವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ರೇಡಿಯೋ ಆ್ಯಂಟೆನಾ–ಗ್ರಾಹಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿತು. ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿದೆಯೋ ಆ ದಿಕ್ಕಿನಿಂದ ಬರುವ ಯಾವುದೇ ವಿಕಿರಣ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು) ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಈ ಆ್ಯಂಟೆನಾ ಬಕೆಟ್‌ನಂತೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಅದರ ಗ್ರಾಹಕವು ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತಿದ್ದು ಆ್ಯಂಟೆನಾ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸುತ್ತಿತ್ತು.ಇದರ ಜೊತೆಜೊತೆಗೆ ಡಿಕ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಾದ ಡೇವಿಡ್ ವಿಲ್ಕಿನ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಜಿಮ್ ಫೆಬಲ್ಸ್ (**ಚಿತ್ರ 9** ನೋಡಿ) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಕ್ತಿ ಸ್ತರದಲ್ಲಿ ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್ ನಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅಂದಾಜಿಸಲು ಬೇಕಾದ ದೀರ್ಘ ಮತ್ತು ಕಠಿಣ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರು. ಡಿಕ್ ಮತ್ತು ಆತನ ತಂಡ ಗಾಮೊ ಊಹಿಸಿದ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಿದ್ಧತೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದ ಸಮಯದಲ್ಲೇ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್‌ನಿಂದ ಅನತಿ ದೂರದಲ್ಲಿ ಯುವ ರೇಡಿಯೋ



ಚಿತ್ರ 10. ಆರ್ನೋ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ರಾಬರ್ಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣವನ್ನು CMBR ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ತಾವು ಬಳಸಿದ 20 ಅಡಿ ಉದ್ದದ ಕೊಂಬಿನಾಕಾರದ ಆ್ಯಂಟೆನಾ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಹಕ ಉಪಕರಣದ ಮುಂದೆ ನಿಂತಿರುವುದು.

ಎಂಜಿನಿಯರುಗಳಾರ್ವರು ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿ ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್ ಅನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದರು.

ಸಾವಿರದ ಒಂಭೈನೂರ ಅರವತ್ತರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕನ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಆಂಡ್ ಪ್ರಾಡಕ್ಟ್ ಡೆವೆಲಪ್‌ಮೆಂಟ್ ಕಂಪೆನಿಯಾದ ಬೆಲ್ ಲ್ಯಾಬ್ಸ್ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಅವುಗಳ ಬಲವರ್ಧನೆ ಮಾಡಿ ದೂರ ಸ್ಥಳಗಳಿಗೆ ರವಾನಿಸುವ ಸಲುವಾಗಿ 20 ಅಡಿ ರೇಡಿಯೋ ಆ್ಯಂಟೆನಾವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿತ್ತು. ಆದರೆ, ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಡಾವಣೆಯಿಂದಾಗಿ ರೇಡಿಯೊ ಆ್ಯಂಟೆನಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದಂತಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂಶೋಧನಾ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಕೊಡಲಾಯಿತು. ಆರ್ನೋ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ರಾಬರ್ಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಬೆಲ್ ಲ್ಯಾಬ್ಸ್ ಆ್ಯಂಟೆನಾವನ್ನು ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಹೊಳಪನ್ನು ಮತ್ತು ಸಮೀಪದ ಹಲವು ಇತರ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಹೊಳಪನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದರು (**ಚಿತ್ರ 10** ನೋಡಿ). ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ವಿಲ್ಸನ್ ಇವರಿಗೆ ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್‌ನ ಕುರಿತ ಗಾಮೊವಿನ ಊಹೆಯಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಡಿಕ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ನಡೆದಿದ್ದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ಬಗೆಗಾಗಲೀ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ.

ಇವರುಗಳು ತಮ್ಮ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ದಾಖಲಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತಿದಂತೆ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ವಿಲ್ಸನ್‌ರಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆ ಎದುರಾಯಿತು. ಅವರ ಆ್ಯಂಟೆನಾ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಫೋಟಾನ್ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸತತವಾದ ಆದರೆ ಕ್ಷೀಣವಾದ ಅನಿಯತ ಕಂಪನಗಳನ್ನು (ನಾಯ್ಸ್) ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಲೇ ಬಂದಿತು. ಇದು ಅವರ ಮಾಪನ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಅಡ್ಡಿಯಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಈ ಅನಿಯತ ಕಂಪನ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿದ್ದು ಎಲ್ಲ ಕಡೆಗಳಿಂದಲೂ ಬಂದಂತೆ ತೋರುತ್ತಿತ್ತು. ಆ್ಯಂಟೆನಾವನ್ನು ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ತಿರುಗಿಸಿದರೂ ಸಹ ಅದು ನಿವಾರಣೆಯಾಗಲಿಲ್ಲ. ಬಹುಶಃ ತಮ್ಮ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳ ಅಂಗಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ತೊಂದರೆ ಇರಬಹುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿ ಆ್ಯಂಟೆನಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಸರ್ವಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿಯೂ ಉತ್ತಮಪಡಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಆದರೂ ಸಹ "ಅನಿಯತ ಕಂಪನಗಳು" ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆದು ಅವರು ತೀವ್ರ ವ್ಯಥೆಗೆ ಒಳಗಾದರು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಅಥವಾ ನಿವಾರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದೆ ಸುಮಾರು ಒಂದು ವರ್ಷ ಕಳೆಯಿತು.

ಒಂದು ದಿನ ಅರ್ನೊ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ತನ್ನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರಿಂದ ಗಾಮೊನ ಕಾರ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ಅರಿತುಕೊಂಡ. ಇದಾದ ಅಲ್ಪಕಾಲದ ನಂತರ ಈತ ಮತ್ತು ವಿಲ್ಸನ್, ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್‌ನಲ್ಲಿದ್ದ ರಾಬಟ್ ಡಿಕ್ ತಂಡದೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಬೆಳೆಸಿದರು. ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ವಿಲ್ಸನ್ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಮಾದರಿಯು ಊಹಿಸಿದ್ದ ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆಂದು ತಿಳಿಯಲು ಡಿಕ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಹಿಡಿಯಲಿಲ್ಲ. ಈ ವಿಕಿರಣಗಳು ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಊಹಿಸಿದ್ದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇ ಹೊಂದಿದ್ದು ಕಡೆಗೂ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿಜಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಆರ್ನೊ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ರಾಬರ್ಟ್ ವಿಲ್ಸನ್‌ರಿಗೆ ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್‌ನ ಆವಿಷ್ಕಾರಕ್ಕಾಗಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ದೊರಕಿತು.

ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್ ವಿಶ್ವದ ಪ್ರಾಚೀನತಮ ಫೋಟಾನುಗಳಾಗಿದ್ದು ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್‌ನ ಗತಕಾಲದ ಅವಶೇಷವಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಫೋಟಾನುಗಳು ಆಕಾಶದ ಪ್ರತಿ ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ನೂರಾರು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿವೆ ಹಾಗೂ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಫೋಟಾನುಗಳು ಸುಮಾರು 13 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಳೆಯದಾಗಿವೆ. ನಾವು ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್‌ನ ಸತತ ಹೊಡೆತಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತಿದ್ದರೂ ನಮಗೆ ಅದರ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಅನುಭವ ಆಗುತ್ತಿಲ್ಲ(ಸೌರ ಫೋಟಾನುಗಳ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಅನುಭವಿಸಿದಂತೆ). ಕಾರಣ, ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ನಾವು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ನಿಹಾರಿಕೆ, ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಸಮೂಹ ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ರಚನೆಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್‌ನ ಈ ಪಿಸುಧ್ವನಿಯು ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ವಿಶ್ವದ ಬಗೆಗಿನ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿದೆ. ಅವುಗಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಈಗಲೂ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಹಾಗೂ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಹಾರಾಡುವ ಬಲೂನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಸಿಎಮ್‌ಬಿಆರ್‌ನ ವೀಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಲೇ ಇದ್ದೇವೆ.

ಇನ್ನೂ ಮುಗಿಯದ ಕಥೆ

ಆದಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಶ್ವದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅರಿವು ಒಂದು ಶತಮಾನದಷ್ಟೇ ಹಳೆಯದು. ವಿಶ್ವದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಆವಿಷ್ಕಾರದಿಂದ ಹಿಡಿದು ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಗುರುತಿಸುವಿಕೆಯವರೆಗೆ ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹಲವಾರು ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸಫಲವಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಭೌತಿಕ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ಕೊರತೆಗಳಿವೆ. ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿದ್ದು ಏನು? ಅಥವಾ, ಆದಿಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವದ ಭೌತಿಕ ಸ್ಥಿತಿ ಹೇಗಿತ್ತು? ಎಂಬುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅರಿವಿಲ್ಲ. ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ನಿರೂಪಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ ವಿಶ್ವವು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗದಷ್ಟು ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬರ (ಇನ್‌ಫ್ಲೇಷನ್) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಅತಿವೇಗದ ಹಂತವನ್ನು ಪಡೆಯಿತು. ಈ ಉಬ್ಬರ ಮಾದರಿಯನ್ನು ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಕೆಲವು ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಂಡಿಸಿದರು. ಆದರೆ, ಅಂತಹ ಅತಿ ವೇಗದ ಹಂತ ನಿಜಕ್ಕೂ ಇದ್ದಿತೇ? ಹಾಗೆ ಇದ್ದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಆಕರ ಯಾವುದಿದ್ದಿರಬಹುದು? ಎಂಬುದು ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿವೆ.

ಅಲ್ಲದೆ, ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಇವೆ. ಕಳೆದ ಮೂರು ದಶಕಗಳ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ ಇದುವರೆಗೂ ಅಜ್ಞಾತವಾಗಿದ್ದ ಕಪ್ಪು ದ್ರವ್ಯ (ಡಾರ್ಕ್ ಮ್ಯಾಟರ್) ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಶಕ್ತಿ(ಡಾರ್ಕ್ ಎನರ್ಜಿ) ಎಂಬ ಎರಡು ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತಂದಿತು. ಇಂದಿನ ವಿಶ್ವದ ಶಕ್ತಿ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಶೇ.96 ರಷ್ಟು ಈ ಎರಡು ಘಟಕಗಳಿಂದಲೇ ಆಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ, ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಕಾಣುವ ಗ್ರಹಗಳು, ನಮ್ಮ ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಅನೇಕ ಶತಕೋಟಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಲಕ್ಷಾನುಲಕ್ಷಕೋಟಿ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು, ವಿಶ್ವ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣಗಳು, ಮುಂತಾದ ಸಾಮಾನ್ಯ ದ್ರವ್ಯವು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಶ್ವದ 4% ನಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಇದೆ. ಈ ಕಪ್ಪು ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಶಕ್ತಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಕಿಂಚಿತ್ತೂ ಅರಿವಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ಅವು ಮೊದಲು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನಗೊಂಡವು ಎಂಬುದೂ ತಿಳಿದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದಿಂದ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವದ ಬಗೆಗಿನ ದೃಷ್ಟಿಯು ಈ ಹಿಂದೆ ಊಹಿಸಲೂ ಅಸಾಧ್ಯವಾದ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ವದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಈ ಎಲ್ಲ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಶ್ವದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೆದಕುತ್ತಾ ಬಂದಿದ್ದೇವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಅಂಶ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ. ನಾವು ಬರಿಗಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಕಾಣುವುದಕ್ಕಿಂತ ಎಷ್ಟೋ ಅಧಿಕವಾದದ್ದು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿದೆ. ಇಪ್ಪತ್ತೊಂದನೇ ಶತಮಾನದ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಈ ಬೃಹತ್ ಅಜ್ಞಾತ ಸಂಗತಿಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ನೀಡುವುದೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆಶಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆ ಉತ್ತರಗಳು ಬಿಗ್ ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಏನೇನು ಹೊಸ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಒಡ್ಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ಕಾದು ನೋಡಬೇಕಿದೆ.

ಸೂಚನೆ: ಈ ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: Big bang. Geralt, Pixbay. URL:https://pixbay.com/en/big-bang-explosion-pop-fireball-422305/license:Public Domain

ಆನಂದ್ ನಾರಾಯಣನ್, ಇಂಡಿಯನ್ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಸೈನ್ಸ್ ಆಂಡ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಖಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತಾರೆ. ನಿಹಾರಿಕೆಗಳ ಬಹಿರ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೆರಿಯಾನಿಕ್ ಭೌತದ್ರವ್ಯವು ವಿತರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎನ್ನುವುದರ ಕುರಿತ ಸಂಶೋಧನೆ ಅವರದಾಗಿದೆ. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಮತ್ತು ಸಾರ್ವಜನಿಕ ವಿಸ್ತರಣಾ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಗೆ ನಿಯತವಾಗಿ ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತಾರೆ. ದಕ್ಷಿಣ ಭಾರತದ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಅವರು ಆಗಾಗ ಪ್ರವಾಸಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ.

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ

ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಹುಟ್ಟು

ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಕೃಷ್ಣನ್

ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಹುಟ್ಟನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಳಗೆ ನಡೆಯುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಂತೆ ಹಾಗೂ ಅದು ಮಾನವರಿಗೆ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧಪಡುತ್ತವೆ ಎಂಬ ನೋಟದಿಂದ ಈ ಲೇಖನವು ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತದೆ.

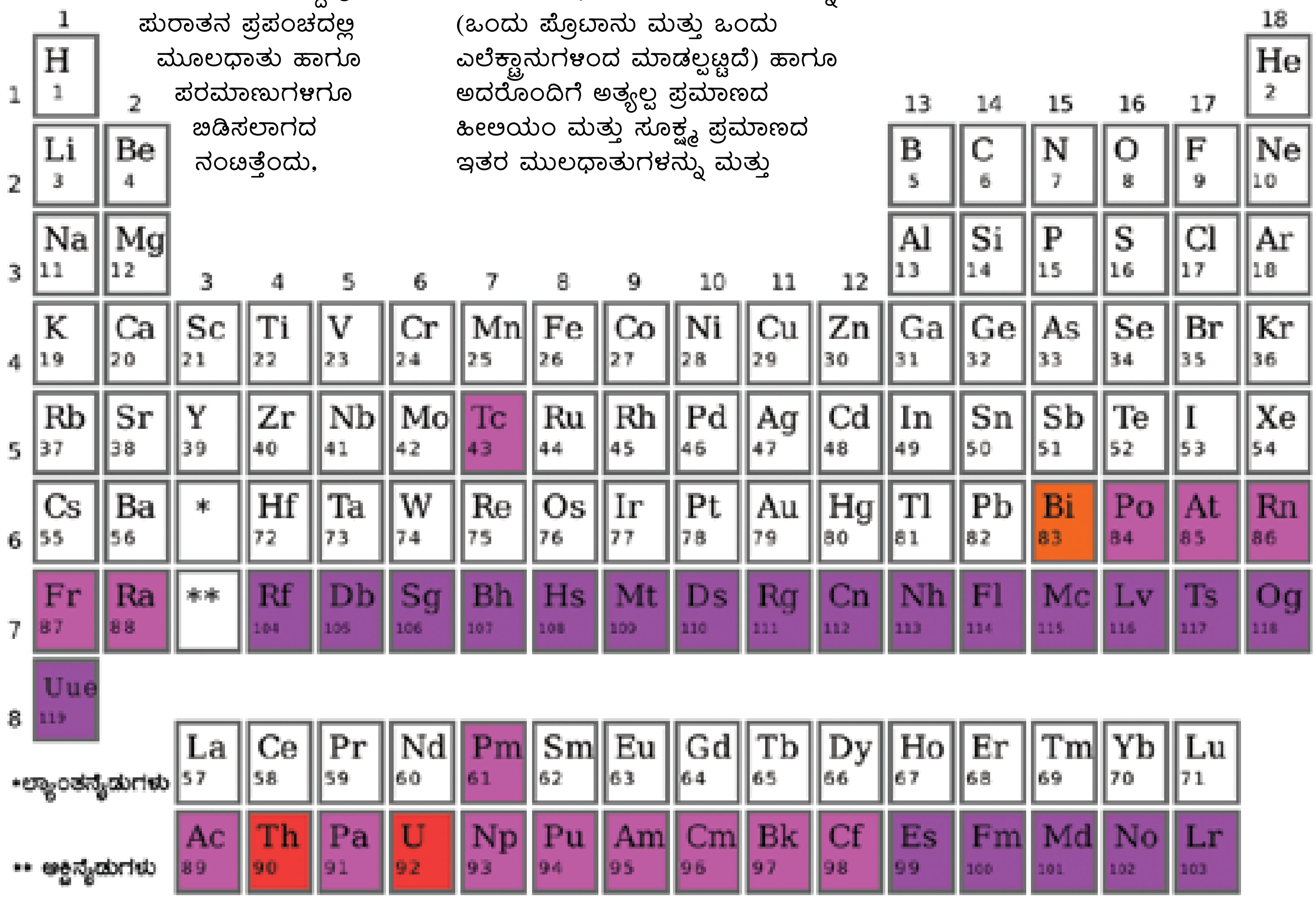
ನಾವು ತಿಳಿದಿರುವ ಈ ವಿಶ್ವವು ವಿಭಿನ್ನ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸ್ವತಃ ಸಿದ್ಧವಾದ ವಾಸ್ತವಿಕತೆ. ನಾವು ವಿಶ್ವವನ್ನು ನಮ್ಮ ಇಂದ್ರಿಯಗಳಿಂದ ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಾ ಹೊಸ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವುದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮ ವಿಧದಲ್ಲಿ ವರ್ಗೀಕರಿಸುವಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಊಹನೆ ಮತ್ತು ತರ್ಕ (ಈಗಿರುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಬೌದ್ಧಿಕ ಸಂರಚನೆಯ ದೃಢತೆಯನ್ನು ಬಹುವಾಗಿ ಆಧರಿಸಿವೆ) ಗಳ ಬಲ ಪಡೆಯುವೆವು. ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಮಾನವರು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲಯುತ ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ ಈಗಾಗಲೇ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸೂಕ್ತ ಸಂಯೋಜನೆ ಅಥವಾ ಭಟ್ಟಿ ಇಳಿಸುವಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹೊಸ ವಿಧದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಬಲ್ಲೆವು. ಎಂಬುದು ಬಹು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅಡುಗೆ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವಿಕೆ, ಔಷಧಿ ಮತ್ತು ಪೇಯಗಳ ಮಿಶ್ರಣ, ಕಟ್ಟಡ ಮತ್ತು ಸಲಕರಣೆಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಇತ್ಯಾದಿ. ಇಚ್ಛಿತ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಿರುವ ಇನ್ನೂ ಅಧಿಕ ಸಂಕೀರ್ಣ ಪದಾರ್ಥ ಹಾಗೂ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಕಾಲಕಾಲದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದಿರಲೇಬೇಕು, "ಯಾವ ಮೂಲಭೂತ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಮತ್ತೆಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ?"

ವಿವಿಧ ನಾಗರಿಕತೆಗಳು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದು ಅವೆಲ್ಲವೂ "ಮೂಲಧಾತುಗಳ" ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ತರ್ಕಿಸಿದಂತೆ ತೋರುವುದು. ವಿಶ್ವಸೃಷ್ಟಿಯ ಸಮಯದಲ್ಲೇ ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡವೆಯೆಂದು ನಂಬಲಾದ ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ವಿಶಿಷ್ಟವೂ ಮತ್ತು ಈಗಿರುವ ಇತರ ಸಂರಚನೆಗಳ ಮೂಲಭೂತ ನಿರ್ಮಾಣ ಘಟಕಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ. ಭಾರತೀಯರು ಮತ್ತು ಗ್ರೀಕರು ಪ್ರಪಂಚವು ಆಕಾಶ, ವಾಯು, ಜಲ, ಅಗ್ನಿ ಮತ್ತು ಪೃಥ್ವಿ– ಈ ಐದು ತತ್ವಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಆಲೋಚಿಸಿದರು: ಚೀನಿಯರು ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಮರ, ಲೋಹ, ಪೃಥ್ವಿ, ಜಲ ಮತ್ತು ಅಗ್ನಿಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರು.

ಮತ್ತೊಂದೆಡೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಕಣಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಣಾದ ಎಂಬ ಕ್ರಿಪೂ. 6ನೇ ಶತಮಾನದ ವೈಶೇಷಿಕ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರವರ್ತಕ ನಾಲ್ಕು ತತ್ವಗಳಾದ ಭೂಮಿ, ಜಲ, ಅಗ್ನಿ ಮತ್ತು

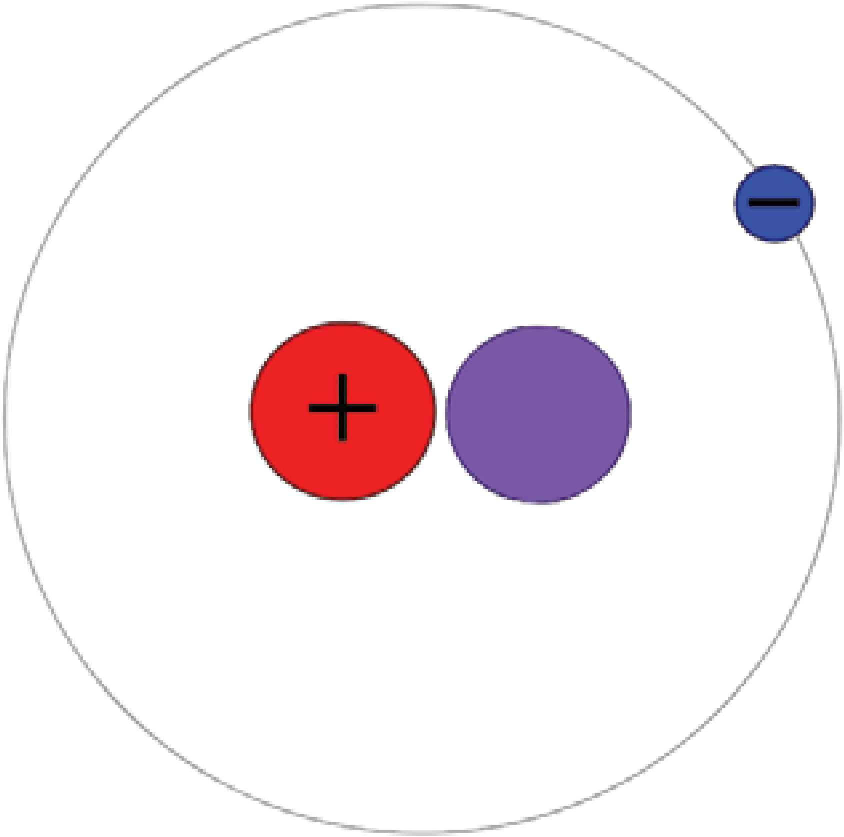
ವಾಯು – ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾದ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಈ ಪ್ರಪಂಚವು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ವಾದಿಸಿದನು. ಈ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣು ವಿಧಗಳು ತಮ್ಮದೇ ಆದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದವು ಹಾಗೂ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲು ಸಂಕೀರ್ಣ ನಿಯಮಗಳಿದ್ದವು. ಇದೇ ರೀತಿ ಬೌದ್ಧ, ಜೈನ, ಇಸ್ಲಾಮಿಕ್ ಮತ್ತು ಗ್ರೀಕ್ ದಾರ್ಶನಿಕ ಪಂಥಗಳು ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಎಲ್ಲ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದವು.ಆದರೆ ಅವುಗಳ ವಿವರಣೆ ಮತ್ತು ಗುಣಗಳು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದವು. (ನೋಡಿ: ಬರ್ನಾಡ್ ಪುಲ್‌ಮನ್‌ರವರ "ದಿ ಆಟಂ ಇನ್ ದಿ ಹಿಸ್ಟರಿ ಆಫ್ ಹ್ಯೂಮನ್ ಥಾಟ್"). ಆದರೆ, ಎಲ್ಲ ದಾರ್ಶನಿಕ ಪಂಥಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳು ಚಿರಂತನ, ಅವಿನಾಶಿ ಮತ್ತು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಏಕರೂಪತೆಯುಳ್ಳವು ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದ್ದವು. ಪುರಾತನ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಮೂಲಧಾತು ಹಾಗೂ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಬಿಡಿಸಲಾಗದ ನಂಟಿತ್ತೆಂದು, ಆಧುನಿಕ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿಯೂ ಇದು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚೆಂದು, ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಇಂದು ನೈಸರ್ಗಿಕವಾಗಿ ದೊರಕುವ 92 ಮೂಲಧಾತುಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿವೆ. ಆದರೂ 92ಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ (ಅಟಾಮಿಕ್ ನಂಬರ್) ಹೊಂದಿರುವ ಇನ್ನೂ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಕೃತಕ ಉತ್ಪಾದನೆ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇಂತಹ ಸೃಷ್ಟಿಗೆ ಅನುವಾಗುವಂತೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧ ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಫುಟವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೇ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಧುನಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಈ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಧಾತುಗಳು ಹೇಗೆ ರಚಿತಗೊಂಡವು? ವಿಶ್ವದ ಹುಟ್ಟಿನ ಬಗೆಗೆ ಹೇಳುವ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಬಹುತೇಕ ಎಲ್ಲರಿಂದ ಅಂಗೀಕೃತಗೊಂಡ ಸಿದ್ಧಾಂತವಾಗಿದೆ. ಇದು ಪ್ರಾಚೀನ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಲಾದ ಕೆಲವು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು 14 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಘಟಿಸಿದ ಈ ಘಟನೆಯು ಆದಿ ಮೂಲಧಾತುವಾದ ಜಲಜನಕವನ್ನು (ಒಂದು ಪ್ರೊಟಾನು ಮತ್ತು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ) ಹಾಗೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ಇತರ ಮುಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಐಸೊಟೋಪುಗಳನ್ನು (ಸಮಸ್ಥಾನಿಕ) ಸೃಷ್ಟಿಸಿದೆ ಎಂದು ನಂಬಲಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ವದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಫಲಿತಾಂಶದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದಿದೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಇದು ಬಹಳ ಕುತೂಹಲಕಾರಿಯಾಗಿದೆ.

ಮೂಲಧಾತು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕುರಿತು ಹೇಳುವ ಹಳೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಆಧುನಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತರ್ಕಬದ್ಧ ನಿಷ್ಕರ್ಷೆಯ ಎದುರು ನಿಲ್ಲಲಾರದೆ ಹೋದದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಸದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡೋಣ. "ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ಹೇಗೆ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ?" ಮತ್ತು "ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಂದರೇನು ಮತ್ತು ಅವು ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿವೆ?". ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತಾ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಹುಟ್ಟಿನ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಪಯಣವನ್ನು ಆರಂಭಿಸೋಣ.



ಚಿತ್ರ 1. ತಿಳಿದಿರುವ ಎಲ್ಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಆವರ್ತಕಕೋಷ್ಟಕ

Credits: Incnis Mrsi, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table,_good_SVG.svg. License: CC-BY-SA.



ಚಿತ್ರ 2. ಒಂದು ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ಪರಮಾಣು

ಕೃಪೆ: ZYjacklin, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:H-2_atom.png. License: Public Domain.

ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸುವುದು

ಐತಿಹಾಸಿಕವಾಗಿ, ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈಗ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದ ಒಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯೆ ಹೀಗಿದೆ:" ಇನ್ನೂ ಸರಳ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ ವಸ್ತುವೇ ಮೂಲಧಾತು". ಬಹುಶಃ ಇದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಮೊದಲ ಉಪಯುಕ್ತ ವ್ಯಾಖ್ಯೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದರಿಂದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಬೇರೆ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಎರಡು ಅಥವಾ ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತುಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತೆಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಹೀಗೆ ದೊರೆತ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಪುನರ್‌ಸಂಯೋಜಿಸಿದಾಗ ಮೊದಲ ವಸ್ತುವನ್ನೇ ಅವು ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಲ್ಲಿ ಆಗ ವಸ್ತು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಮೂಲಧಾತುವಲ್ಲ. ಆದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತು (ಅಥವಾ ಪದಾರ್ಥ) ನಿಜಕ್ಕೂ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತು ಎಂದು ನಿಶ್ಚಿತವಾಗಿ ದೃಢೀಕರಿಸಲು ಈ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯನ್ನು ಬಳಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜವೇ. ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿದ್ದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಿಂದ ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳು ಲಭ್ಯವಾದಾಗ ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯನ್ನು ನೋಡಿ. ಇದೂ ಕೂಡ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತ. *"ಏಕರೂಪವುಳ್ಳ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ವಸ್ತುವೇ ಮೂಲಧಾತು"* ಈ ವ್ಯಾಖ್ಯೆ ಜಾನ್‌ಡಾಲ್ಟನ್ನನ ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿತ್ತು. ಅದರೆ ಐಸೊಟೋಪು (ಸಮಸ್ಥಾನಿ)ಗಳ ಆವಿಷ್ಕಾರದಿಂದ ಇದರ ಬಳಕೆ ತಪ್ಪಿತು. ಈ ಆವಿಷ್ಕಾರವು ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ ವಸ್ತುಗಳೇ ಮೂಲಧಾತುಗಳೆಂಬ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿರರ್ಥಕವನ್ನಾಗಿಸಿತು. ಏಕೆಂದರೆ ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಿನ್ನ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅದರ ಐಸೋಟೋಪುಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅಂದರೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಈ ಅಂಶ ಡಾಲ್ಟನ್ನನ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅಲ್ಲಗೆಳೆಯುವುದು. ಅಲ್ಲದೆ ಅದರ ಐಸೊಟೋಪುಗಳ ಪುನರ್‌ಸಂಯೋಜನೆ ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನು ತಿರುಗಿ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹಿಂದಿನ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಐಸೋಟೋಪನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಯಾವುದೇ ಮೂಲಧಾತು ನಿಜ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಮೂಲಧಾತುವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಒಂದು ಸ್ಪಷ್ಟ ಉದಾಹರಣೆ ಭಾರಜಲದ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿ (ಹೆವಿ ವಾಟರ್) ನೋಡಲು ಸಿಗುವುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲದಲ್ಲಿ ವಾಡಿಕೆಯ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನುಳ್ಳ ಜಲಜನಕವಿರುವುದು: ಆದರೆ ಭಾರಜಲದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದ ಐಸೋಟೋಪ್ ಆದ ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ಇರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಭಾರಜಲದ ಅಣುಗಳು ಗಣನೀಯ ಅಧಿಕತರ ತೂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. (ಒಂದು ಮೋಲ್ ಭಾರಜಲವು ಒಂದು ಮೋಲ್ ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಲಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 2 ಗ್ರಾಂನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಿರುವುದು. ಇದರ ಘನೀಕರಣ ಬಿಂದು (Freezing temperature) ಸುಮಾರು 4 ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆ 11%ನಷ್ಟು ಅಧಿಕ. ಭಾರಜಲವು ಅಸಾಮಾನ್ಯ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಮತ್ತು ಜೈವಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಇದನ್ನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ರಿಯಾಕ್ಟರುಗಳಲ್ಲಿ

ಮಂದಕಾರಿಯಾಗಿ (ಮಾಡರೇಟರ್) ಅಂದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಒಂದು ಐಸೊಟೋಪಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ತೋರಿಬರುವುದು ಎಂದರೆ ಇದು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿ ಸಂಗತಿಯಲ್ಲವೇ?

ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಆಧುನಿಕ ಯುಗವು "ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪಿತಾಮಹ" ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಆಂಟೊನೆ-ಲಾರೆಂಟ್‌ದ-ಲೆವೋಸಿಯೆ ಎಂಬಾತ (1743-1794) ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ವರ್ಗೀಕರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದಾಗ ಸರಿಸುಮಾರು 1789 ರಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾಯಿತು. ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ವಿಧಾನದಿಂದ ಮತ್ತಷ್ಟು ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ವಸ್ತುವನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತು ಎಂದು ಲೆವೋಸಿಯೆ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಿದನು. ಇದು ಬಹಳ ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾದ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನ. ಇದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದುದೂ ಕೂಡ. ಏಕೆಂದರೆ ಪುನರಾವಲೋಕನ ಮಾಡಿದಾಗ "ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ ವಿಭಜಿಸಲಾಗದ" ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಈ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನವನ್ನು ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಿದ್ದರಿಂದ ಬಹುಶಃ 150 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ತಿಳಿದು ಬರುವ ಇತರ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಮುಂದೊಂದು ದಿನ ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದು ಎಂದು ಲೆವೋಸಿಯೆ ತರ್ಕಿಸಿರಬಹುದು ಎಂದು ತೋರುತ್ತದೆ (**ಬಾಕ್ಸ್** 1 ನೋಡಿ).

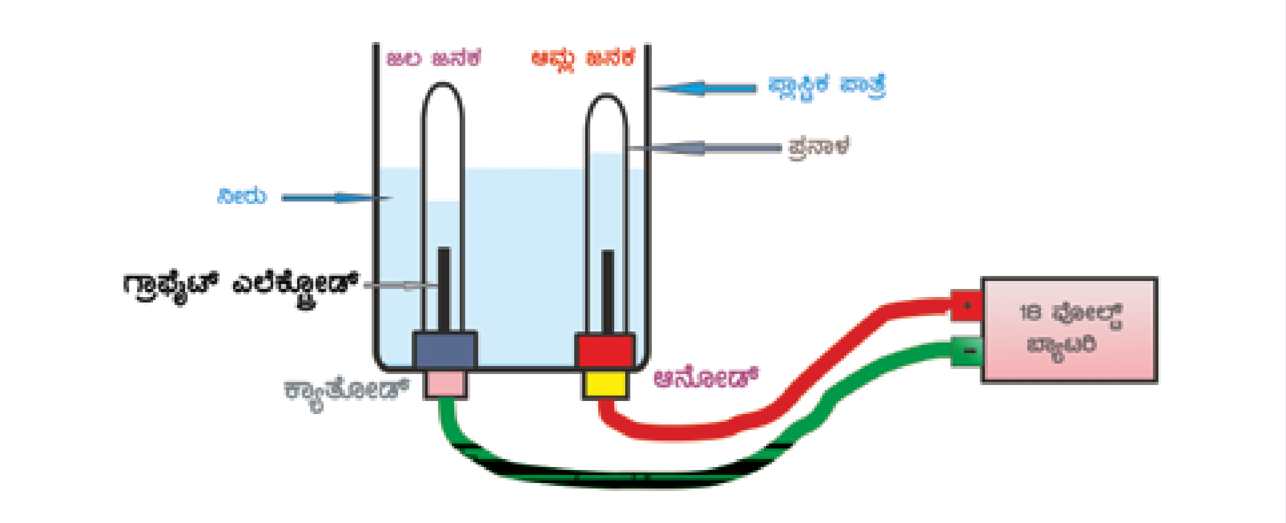
ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸುವುದು

ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ಧಾತುವೆಂದೇ ನಿಶ್ಚಯಿಸುವುದು. ಇದು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ ಅಥವಾ ಮಿಶ್ರಣ ಏಕಲ್ಲ?

ಎರಡು ಗ್ರಾಫೈಟ್ ದಂಡಗಳನ್ನು (ಪೆನ್ಸಿಲ್‌ನ ಎರಡು ದಪ್ಪ ಲೆಡ್‌ಗಳನ್ನೂ ಬಳಸಬಹುದು) ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಲ್ಲಿ ನೀರಿನೊಳಗೆ ಮುಳುಗಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು 18 ವೋಲ್ಟ್ ಬ್ಯಾಟರಿಗೆ ಜೋಡಿಸಿದರೆ ಎರಡೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರೋಡ್‌ಗಳ ಬಳಿ ಗುಳ್ಳೆಗಳು ಏಳುವುದನ್ನು ನೀವು ನೋಡುವಿರಿ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರೋಡುಗಳ ಬಳಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಟೆಸ್ಟ್‌ಟ್ಯೂಬ್‌ನಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಬಹುದು. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಮತ್ತು ಇತರ ಮೂಲಗಳಿಂದ ನಮಗೀಗ ತಿಳಿದಿರುವುದು ಏನೆಂದರೆ ಈ ಎರಡೂ ಅನಿಲಗಳು ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಅಂದರೆ ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಎಂದು. ಆದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸುವುದು?

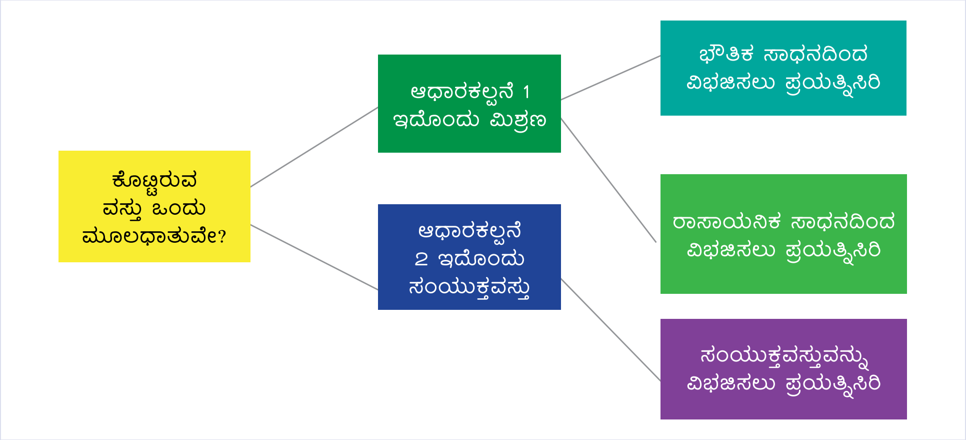
ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಇದು ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಅನಿಲ ಬೇರ್ಪಸುವಿಕೆಯ ಎಲ್ಲ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠ ಒಂದು ವಿಧಾನದಿಂದ ಈ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲೇಬೇಕು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ ಆಮ್ಲಜನಕ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣ ಎಂದು ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸಿದಂತಾಗುವುದು. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಐಸೊಟೋಪುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದ್ದು ಅವೆಲ್ಲವೂ ಭೌತಿಕ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

ಆದಾಗ್ಯೂ ನಮಗೆ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಎರಡು ಅನಿಲಗಳನ್ನಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿರುವುದು ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ಅಗತ್ಯವಾದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ನಮ್ಮ ಬಳಿ ಇಲ್ಲದಿರುವುದು ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ವಾದ ಮಾಡಿಯಾರು. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಈ ರೀತಿಯ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು – ಪರಸ್ಪರ ಭಾರದಲ್ಲಿ ಸಮಾನವಾಗಿರುವ ಹಲವು ಅನಿಲೀಯ ಘಟಕಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಆಮ್ಲಜನಕದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದು. ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ನಮ್ಮ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವಿಕೆಯ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಅವನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿರುವುದು ಎಂಬೀ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ನಾವು ಮಾಡಬಹುದಾಗಿದೆ. ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಶುದ್ಧ ಕ್ಷಾರೀಯ ಲೋಹಗಳ, (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಪೊಟಾಸಿಯಂ) ನಡುವಣ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮುಖಾಂತರ ಈ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ನಾವು ಸಂಕ್ರಮಣ ಮೂಲಧಾತುಗಳ (ಟ್ರಾನ್ಸಿಷನ್ ಎಲಿಮೆಂಟ್ಸ್)ಬಳಕೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ವಿಭಿನ್ನ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಯುಳ್ಳ ಅವುಗಳು ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನೊಂದಿಗೆ



ಚಿತ್ರ 3. ನೀರಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ : ಟೆಸ್ಟ್ ಟ್ಯೂಬುಗಳಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತಿವೆ.

ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಗಾದಾಗ ಭಿನ್ನಭಿನ್ನ ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ನೋಟ, ವಾಸನೆ, ಸ್ಪರ್ಶ ಅಥವಾ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳ ಮೂಲಕ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದಾದ ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳು ಉಂಟಾದರೆ ಆಗ ನಮ್ಮ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆ ಸರಿ ಎಂದು ದೃಢೀಕರಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯ ಪರೀಕ್ಷೆ ಎಂದರೆ ಇತರ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಅಂದರೆ ಮರ್ಕ್ಯುರಿ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನು ಅಥವಾ ಕೆಲವು ನೈಟ್ರೇಟುಗಳನ್ನು ಬಿಸಿಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ. ಇಂಥ ಆಮ್ಲಜನಕವು ನೀರನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ದೊರೆತ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಿ ಬಂದ ಜಲಜನಕದೊಡನೆ ಸೇರಿಸಿದಾಗ ನೀರು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕು. ಹಾಗಾದರೆ (ನಮಗೆ ಹಾಗೆ ಸಿಗುವುದುಂಟು) ಆಮ್ಲಜನಕವು ಅನಿಲಗಳ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣವಲ್ಲ ಎಂಬ ಸರಳ ವಿವರಣೆ ಸರಿ ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ತೋರಿಸುವುದು. ಓ! ಒಂದು ವಸ್ತು ಮಿಶ್ರಣವಲ್ಲ ಎಂದು ತೋರಿಸಲಷ್ಟೇ ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಕೆಲಸವೇ! ಆದಾಗ್ಯೂ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಮೂಲಧಾತು ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ನಾವು ಒದಗಿಸುವ ಪ್ರಮಾಣ ಇನ್ನೂ ಅಂತಿಮವಾದುದಲ್ಲ. ಆಮ್ಲಜನಕವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುವೇ ಹೊರತು ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿರಲಾರದು ಎಂಬ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ ಆಗ ಏನು? ಆಗ ಸನ್ನಿವೇಶವು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗುವುದು. ಪ್ರಥಮತಃ ಈ ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುವನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ವಿಭಜಿಸುವಂಥ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಾವಿನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯದೇ ಇರಬಹುದಾದ ಕಾರಣದಿಂದ ಹಾಗೂ ಮತ್ತಾರಾದರೂ ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ಸಮರ್ಥರಾಗುವವರೆಗೂ ಆಮ್ಲಜನಕವು ಮೂಲಧಾತುವೆಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ನಾವು ಹಾಗೆ ಸಮರ್ಥರಾದಾಗ ಆ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಘಟಕಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಿ ಆ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಪುನಃ ತಿಳಿದಿರುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮಾರ್ಗದಿಂದ ವಿಭಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಮೂಲಧಾತುಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವೆವು. ಇದುವರೆಗೂ ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಹಾಗಾಗಿ ನಾವು ಆಮ್ಲಜನಕವು ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುವಲ್ಲ ಅದೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವೆಂದು 'ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ'. ನಿಮಗೆ ಹೊಸದಾದ ವಸ್ತುವೊಂದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಂಭಾವ್ಯ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ವಿಧಾನವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಗತಿನಕ್ಷೆಯನ್ನು (Flow chart) ನೋಡಿ.



ಚಿತ್ರ 4. ವಸ್ತುವೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವೆಂದು ತೋರಿಸುವ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ರೂಪುರೇಖೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಗತಿನಕ್ಷೆ

ಈಗ ನಾವು ಎರಡನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಯತ್ತ ಗಮನ ಹರಿಸೋಣ. "ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಂದರೇನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಮೂಲಧಾತುಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿವೆ?". ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ, ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಇತ್ಯಾದಿಗಳಲ್ಲಾದ ಮುನ್ನಡೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಂತಹ 19 ಮತ್ತು 20ನೇ ಶತಮಾನಗಳ ಹಲವು ಅದ್ಭುತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳು ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿವೆ. ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೂರು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸ್ಥಿರಕಣಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ– ಧನಾವೇಶಿತ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ಶೂನ್ಯ ನಿವ್ವಳ ಆವೇಶವುಳ್ಳ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಋಣಾವೇಶಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು. ಯಾವುದೇ ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಇವು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿ ಸಣ್ಣ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಈ ಮಧ್ಯದ ತಿರುಳಿನ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂರು ಕಣಗಳನ್ನು ಮನದಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು ನಾವೀಗ ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ನಿಖರವೂ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವೂ ಆದ ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬಲ್ಲೆವು:

"ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವು ಒಂದೇ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು ಆ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು (ಅದರ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ) ಹೊಂದಿರುವುವು."

ಒಂದು ಸ್ವತಂತ್ರ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋಸ್, ಪೈಯಾನ್ಸ್, ಕೆಯಾನ್ಸ್, ಫೋಟಾನ್ಸ್ ಇತ್ಯಾದಿ ಉಪ ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳನ್ನು ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗದೆಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಈ ವ್ಯಾಖ್ಯೆ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಅವಲೋಕನ

ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದು ಎಂದರೆ ಅರ್ಥವೇನು ಎಂದು ನಾವೀಗ ನೋಡೋಣ.ನಮಗೆ ಇದರ ಅಗತ್ಯವಾದರೂ ಇದೆಯೇ? ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಸಿಗುವ ಲಾಭಗಳೇನು? ಆದರೆ ನಾವು ಮೊದಲು ಇನ್ನೂ ಸರಳ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೈಗೆತ್ತಿಕೊಳ್ಳೋಣ– ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿಜಕ್ಕೂ ಇವೆಯೇ? ಇವೆ ಎಂದಾದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ನೋಡಬಹುದೇ? (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ).

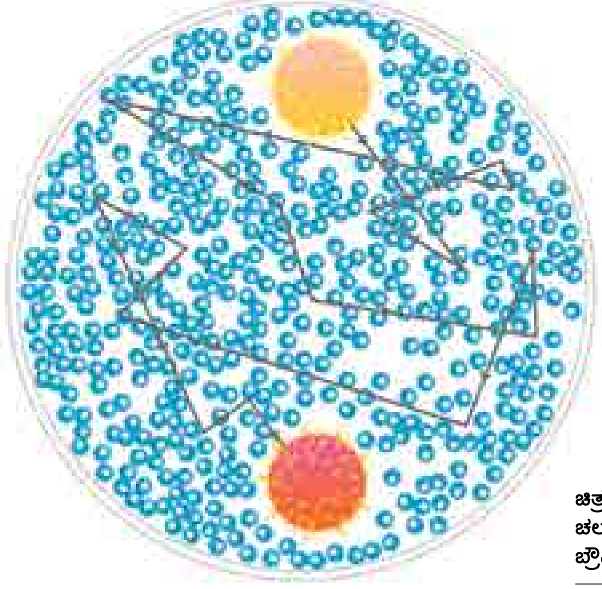
ನಾವೀಗ ಸ್ಪಷ್ಟ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿದ್ದೇವೆಯಾದ್ದರಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಕಾಣಲಾರೆವಾದರೂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗೆಗೆ ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾಗಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಿಗ್‌ಬ್ಯಾಂಗ್ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ರಚಿತಗೊಂಡ ಆದಿ ಮೂಲಧಾತುವಾದ ಜಲಜನಕದಿಂದ ಎಲ್ಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಹೇಗೆ ಕಾಣಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ನೋಡೋಣ.

ಅನಿಲೀಯ ಜಲಜನಕದ ಮೋಡದ ಒಳಗಿನ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿಗಳು

ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡ ನಂತರ ವಿಶ್ವವು ಶೀತಲಗೊಳ್ಳುತ್ತಲೇ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ದಟ್ಟ ಮೋಡಗಳಾಗಿ ಸಾಂದ್ರಗೊಂಡವು. ಇವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದವು. (ಈ ಮೋಡಗಳು ಹೇಗೆ ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರ ವಿವರಣೆಗೆ ಇದೇ ಸಂಚಿಕೆಯ "ಗ್ರಹ ವಿಶ್ವಗಳ ಉಗಮ" ಎಂಬ ಲೇಖನವನ್ನು ನೋಡಿ). ಅನಿಲದ ಮೋಡದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಢಿಕ್ಕಿ

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿವೆಯೇ?

ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕುರಿತ ಯಾವುದೇ ಚರ್ಚೆಯು ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಿಂದಲೇ ಆರಂಭವಾಗಬೇಕೆಂದು ನಾವು ನೋಡಿದ್ದೇವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿಜಕ್ಕೂ ಇವೆಯೇ? ಅಚ್ಚರಿಯೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದ ನಂತರ ಎಷ್ಟೋ ಕಾಲದವರೆಗೂ (ಆಧುನಿಕ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ಹುಟ್ಟಿನ ನಂತರವೂ)ಯಾರಿಗೂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಯಾವುದೇ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯಭಾಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ ನಾವು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಕಾಣುವ ಸ್ಥಿತಿಯ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ತಲುಪಿದ್ದೇವೆ. (ಪರಮಾಣುಗಳ ಇತಿಹಾಸ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ನೋಡುವುದು ಮತ್ತು ಹೇಗೆ ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದರ ನಿಚ್ಚಳ ಜ್ಞಾನಕ್ಕಾಗಿ https://www.youtube.com / watch?v=ipznGRfsfE ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡಿ.)



ಚಿತ್ರ 5. ಪರಾಗರೇಣುವಿನ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯು ನೀರಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿದೆ.

ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಆದರೂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನದು.ಪ್ರೊ. ಫೇನ್‌ಮನ್ ಹೀಗೆ ಬರೆದರು: *"ಒಂದು ವೇಳೆ ಪ್ರಳಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನವು ನಷ್ಟವಾದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ವಾಕ್ಯ ಮಾತ್ರ ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಗೆ ತಲುಪಿದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪದಗಳ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಧಿಕ ಮಾಹಿತಿಯುಳ್ಳ ಆ ಹೇಳಿಕೆ ಯಾವುದಿರಬಹುದು? ನನ್ನ ಪ್ರಕಾರ ಅದು **ಪರಮಾಣು ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಯು** (ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಎಂಬ **ವಾಸ್ತವಾಂಶ** ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ನಿಮ್ಮಿಷ್ಟದಂತೆ ಹೇಗಾದರು ಕರೆಯಿರಿ) **ಅಂದರೆ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಪರಮಾಣುಗಳೆಂದರೆ ಸುತ್ತಲೂ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತಾ ಆದರೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ಹತ್ತಿರ ಬಂದಾಗ ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತಾ ಇರುವ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳು**. ಈ ಒಂದು ವಾಕ್ಯವು ಸ್ವಲ್ಪ ಚಿಂತನೆ ಮತ್ತು ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ವಿಶ್ವದ ಬಗೆಗೆ **ಅಗಾಧ** ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ."*

ಪ್ರಯೋಗ: ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯ ಮೂಲಕ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ ನೋಡುವುದು

ಒಂದು ಹನಿ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಹುಲ್ಲಿನ ಹೂವಿನ ಪರಾಗರೇಣುಗಳನ್ನು ಹಾಕಿ ಅದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ಗಮನಿಸಿ.ಪರಾಗರೇಣುಗಳ ಗಾತ್ರ ಸೂಕ್ತವಾಗಿದ್ದರೆ (ಅಧಿಕ ಭಾರವೂ ಅಲ್ಲ ತೀರ ಲಘುವೂ ಅಲ್ಲ) ಅವು ಸತ'ತವಾಗಿ ಸರಾಗವಾಗಿ ಚಲಿಸದೆ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಯಾಗಿ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕವಾಗಿ ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ನೋಡುವಿರಿ.ಈ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಗೆ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆ ಎನ್ನುವರು ಇದನ್ನು 1827ರಲ್ಲಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬ್ರೌನ್ ಎಂಬಾತ ಅನ್ವೇಷಿಸಿದ್ದರಿಂದ (ಆದರೆ ಇದನ್ನ ಆತನಿಗೆ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ) ಈ ಹೆಸರು.

1905 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ಒಂದು ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಬಂಧದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಈ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆ ನಿಸ್ಸಂದಿಗ್ಧವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದನು. 1921 ರಲ್ಲಿ ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಗೆ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರ ದೊರೆತಿದ್ದರಿಂದ ಇದು ಅದೆಷ್ಟು ಮಹತ್ವವುಳ್ಳದ್ದು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತ್ತು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಪರಾಗರೇಣುಗಳ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯು ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ಒಂದು ಹನಿ ನೀರು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಹೇಗೆ ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸುತ್ತದೆ? ಒಂದು ಹನಿ ನೀರು ಸಾತತ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಲ್ಲಿ ನೀರು ಅತ್ತಿತ್ತ ತುಳುಕಿದಾಗ ತೂಗುತ್ತಿರುವ ಪರಾಗರೇಣುಗಳು ಪುಟಿದು ಬೇರೇ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸರಾಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದವು. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಾಗರೇಣುವು ಯಾದೃಚ್ಛಿಕವಾಗಿ ಹೊಡೆಯಲ್ಪಡುತ್ತಿದೆ ಎನ್ನುವುದರ ದ್ಯೋತಕವಾಗಿದೆ. ನೀರು ಅತ್ತಿತ್ತ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಇಂತಹ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಹೊಡೆತ ಸಾಧ್ಯ

ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಆದರೆ ಇದು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟಕರ. ಗಾಜಿನ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಿಟ್ಟಿರುವ ಕೆಲವು ಹೊಗೆಯ ಕಣಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಖರ ಬೆಳಕನ್ನು ಹರಿಸಿ. ಅದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ಗಮನಿಸಿ. ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಹೊಗೆಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಆಗಾಗ ಉಜ್ವಲ ಬೆಳಕಿನ ಮಚ್ಚೆಯಂತೆ ಕಾಣುವ ಹೊಗೆಯ ಕಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಗಮನಿಸಬಹುದು. ಇದು ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆಯಾಗಿದೆ.

ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆಯ ನಿಖರ ಚಲನ ಚಿತ್ರಕ್ಕಾಗಿ https:en. wikipedia.org/wiki/Brownian_ motion-ಇದನ್ನು ನೋಡಿ.

ಹೊಡೆಯಲು ಯಾವ ಗೋಡೆಗಳು ಇಲ್ಲವಾದರೂ, ಒತ್ತಡ, ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ತಾಪ– ಈ ಮೂರನ್ನೂ ಹೊಂದಿದ್ದು ಮೋಡವು ಸಂಪೀಡಿತಗೊಂಡಾಗ ಈ ಮೂರೂ ಬದಲಾಗುವುವು. (**ಬಾಕ್ಸ್ 3** ನೋಡಿ). ಹೀಗೆ ಈ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಮೋಡದ ಎಲ್ಲೆಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದಿರಬಹುದು, ಇಲ್ಲದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಧಿಕತರವಾಗಿ ಸಾಂದ್ರಗೊಂಡ ಮೋಡ ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಹೆಚ್ಚಿದ ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ತಾಪವನ್ನು ಹೊಂದಿತ್ತು.

ಸಂಕೋಚನಗೊಳ್ಳಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಅಂತರ್‌ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಮೋಡವು ಪಡೆದಾಗ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ ಸಂಗತಿಗಳು

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಪ್ರಯೋಗ: ಅನಿಲದ ಹಿಂಡುವಿಕೆ

ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ 20 ml ಸಿರಿಂಜ್ ನಿಮಗೆ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಸೂಜಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗುವ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಅರಾಲ್ಡೈಟ್‌ನಿಂದ ಮುಚ್ಚಿರಿ. ಈ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಮುಚ್ಚುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಪಿಸ್ಟನ್‌ಅನ್ನು ಸಿರಿಂಜ್ ಒಳಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಗಾಳಿ ತುಂಬಿಕೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಿರಿ. ಅರಾಲ್ಡೈಟ್ ಒಣಗಿದ ತರುವಾಯ,ಪಿಸ್ಟನ್ನನ್ನು ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ಅದುಮಿರಿ. ಹಾಗೆಯೇ ಆಗಏನಾಗುವುದು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ, ಗಾಳಿಯು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ ಅಲ್ಲವೇ. ಇದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು?

ಇಲ್ಲಿ ಏನಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದರೆ ಗಾಳಿಯ ಅಣುಗಳು ಸಿರಿಂಜಿನ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಬಡಿಯುತ್ತಿವೆ. ಹಾಗಾಗಿ, ಸಿರಿಂಜಿನ ಗಾತ್ರವು ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ಹೊಡೆತದ ಆವರ್ತನೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಪಿಸ್ಟನ್ನಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೂ ನೀವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾಳಿಯು ಒಡ್ಡಿದ ಒತ್ತಡವು ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನೀವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಸಡಿಲಿಸಿದರೆ ಪಿಸ್ಟನ್ ತನ್ನ ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬರುವುದು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಬೈಸಿಕಲ್ ಪಂಪ್‌ನಂಥ ದೊಡ್ಡ ಪಿಸ್ಟನ್–ಸಿಲಿಂಡರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಬಳಸಿ ಕೈಗೊಂಡರೆ ಪಂಪಿನ ಒಳಗಿರುವ ಗಾಳಿಯು ನಿಶ್ಚಿತವಾಗಿಯೂ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದರ ತಾಪ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 4. ತರ್ಕದ ವಿಸ್ತಾರ: ಮೋಡದೊಳಗಿನ ಚಾಲಕಬಲಗಳು

ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲ ಮೋಡದೊಳಗೆ ಆಗಬಹುದಾದ ಘಟನೆಗಳು ಯಾವುವು? ಈ ಕೆಳಗೆ ನಾನು ಇದನ್ನು ಕುರಿತ ನನ್ನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದೇನೆ. ನೀವು ಈ ಪಟ್ಟಿಗೆ ನಿಮ್ಮದೇ ಆದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬಹುದು

- ಅನಿಲದ ಒಂದು ಮೋಡ ಸಾಂದ್ರಗೊಂಡಾಗ ಅದೇಕೆ ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ? ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಪ್ರಮಾಣಕ ಅನಿಲದ ನಿಯಮಗಳು (PV = nRT ಇತ್ಯಾದಿ) ಇಲ್ಲಿಯ ಸಂಕೋಚನಕ್ಕೂ ಬಹುತೇಕ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡಬೇಕು
- ಗಾಳಿಯು ಬಿಸಿಯಾದಂತೆ ಈ ಸಂಕೋಚನಕ್ಕೆ ಏನಾಗುವುದು?
- ಆಂತರಿಕ ಗುರುತ್ವದಿಂದ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಎಷ್ಟು ಪರಿಮಾಣದ ಅನಿಲವು ಅಗತ್ಯ?
- ಅನಿಲವು ಸಾಂದ್ರಗೊಂಡಂತೆ ಅನಿಲದ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿನ ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದೇ?

ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಅನಿಲವು ಬಿಸಿಯಾಗಲು ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಇದರ ಅಣುಗಳು ಅಲ್ಪತರ ಜಾಗದ ಮಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಪಿಸ್ಟನ್ನನ್ನು ಒತ್ತಿ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆ ಹೋಗಲು ಬಿಡದ ಬೈಸಿಕಲ್ ಪಂಪ್‌ನಂತೆ ಇದು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ, ಅನಿಲದ ಸಂಕೋಚನವು ಅದರ ತಾಪವು ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲುಪಿದ ನಂತರ ನಿಂತುಹೋಗುವುದು.ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಗಾಳಿಯ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಗೋಡೆಗಳು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಬೃಹತ್ ಅನಿಲದ ಮೋಡಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸಂಕೋಚನದಿಂದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ಆ ಶಾಖವೇ ಮತ್ತಷ್ಟು ಸಂಕೋಚನವು ಆಗದಂತೆ ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಕಾವಿನ ಏರಿಕೆಯು ಅನಿಲ ಮೋಡದೊಳಗಿನ ಶಾಖವು ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅನಿಲವು ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಾಕಷ್ಟು ತಣ್ಣಗಾದ ಮೇಲೆ ಸಂಕೋಚನ ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಪುನಃ ತೀವ್ರತರವಾಗಿ ಆರಂಭವಾಗಿ ಮೋಡವು ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರದಾಗುತ್ತದೆ. **ಇದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ರನ್‌ಅವೇ ಪರಿಣಾಮವೇ–ಈ ಘಟನೆಗಳ ಆವರ್ತನವು ಕೊನೆಯಿಲ್ಲದೆ ಮುಂದುವರೆದು ಮೋಡದೊಳಗೆ ಭೌತದ್ರವ್ಯವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ನಿಂತುಹೋಗುತ್ತದೆ.**

ಮೂರನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಹಲವಾರು ಉತ್ತರಗಳಿವೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉತ್ತರವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹೇಗೆ ರೂಪುಗೊಂಡವು ಎನ್ನುವುದರ ಬಗೆಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ತೀರಾ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ಬರಲಾರವು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಘನವಸ್ತು, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳ ಹಿಂಡುವಿಕೆಯು ಒಂದು ಮಟ್ಟ ತಲುಪಿದ ನಂತರ ಅಧಿಕಾಧಿಕವಾಗಿ ಕಷ್ಟಕರವಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅನಿಲವು **ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಲೇ** ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಪ್ರಮಾಣ ಅಪಾರವಾಗಿರಬೇಕು. ಇಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ವಿಶ್ವದಲ್ಲೇ ಅಲ್ಪತಮ ಬಲ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಇಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದು ಎಂಬ **ಪೌಲಿಯ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವಕ್ಕೆ** ಅನುಗುಣವಾಗಿ (Pauli's Exclusion Principle) ಒಂದು ಮೋಡದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ 4 x 10^{32} ಗ್ರಾಂಗಳಿಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದರಷ್ಟೇ ಅದನ್ನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಸಂಪೀಡಿತಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಅನಿಲಮೋಡಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಇದರಿಂದ ರಚಿತಗೊಂಡ ತಾರೆಯ ಶಾಖ ಅಷ್ಟೇ ಅಧಿಕತರವಾಗಿರುವುದು. ನಮ್ಮ ದಾಖಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ 2 x 10^{33} ಗ್ರಾಂಗಳಷ್ಟಿದ್ದು ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಳ್ಳಲು ಅಗತ್ಯವಾದ ಕನಿಷ್ಠ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಇದು ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾಗಿ ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ.

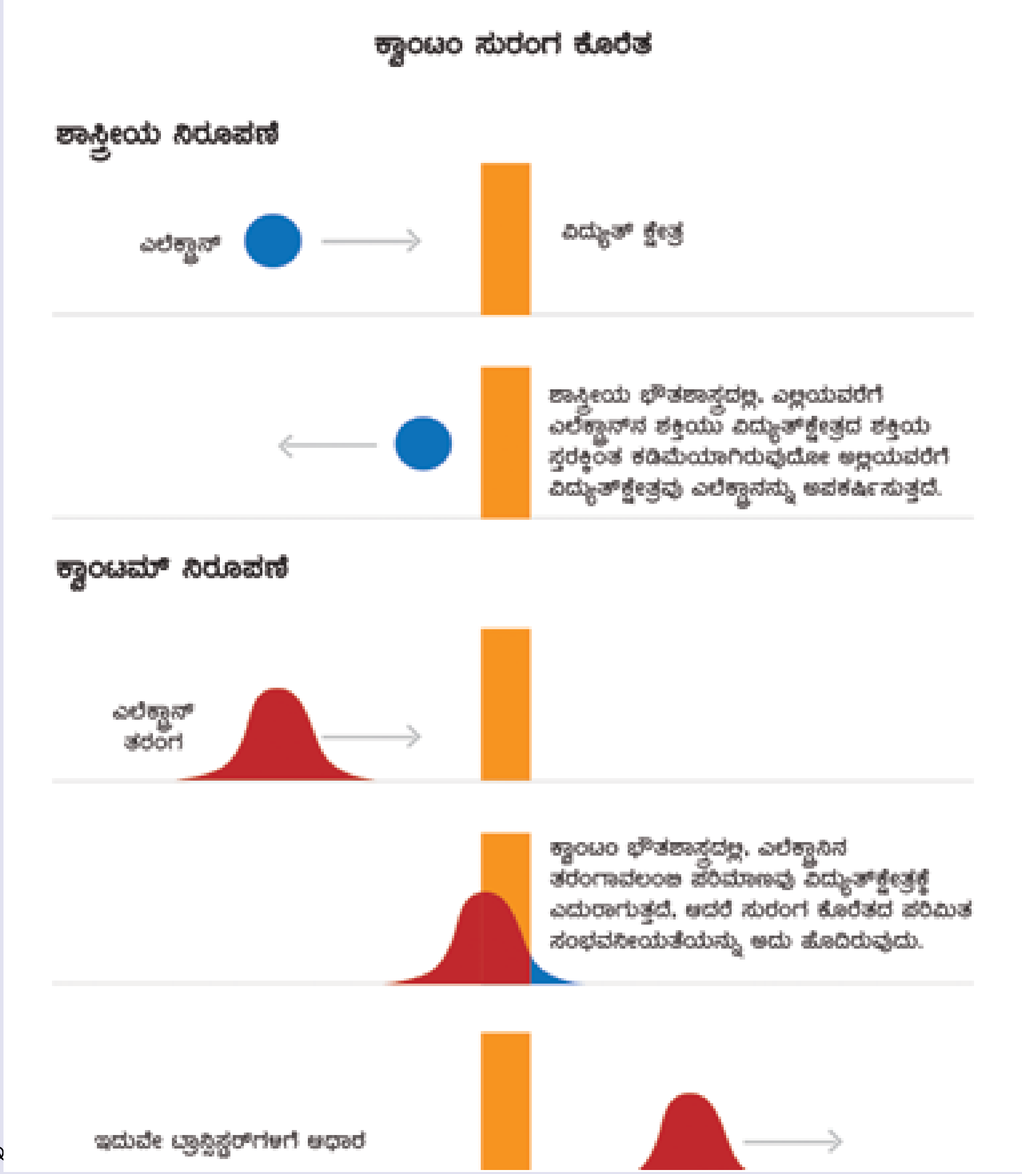
ಕೊನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಉತ್ತರ ಹೀಗಿದೆ– ಅನಿಲ ಮೋಡದ ತಿರುಳಿನ ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಳಗೊಳ್ಳುವುದು ಹಾಗೂ ಇದರ ಮೌಲ್ಯ ಮೋಡದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಇದು ಸಮಂಜಸವಾಗಿಯೇ ಇದೆ.ಏಕೆಂದರೆ, ಅಧಿಕತರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಮೋಡದ ಸಂಕೋಚನ ಅಧಿಕತರ ವೇಗವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅನಿಲವು ಅಧಿಕ ತಾಪವುಳ್ಳದ್ದಾಗಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಪ್ರಥಮ, ದ್ವಿತೀಯ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಉತ್ತರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಾಗ ಅನಿಲಮೋಡದ ತಿರುಳಿನ ತಾಪ ಕ್ರಮಶಃ ಅಧಿಕಗೊಳ್ಳಲೇಬೇಕು ಎಂದು ನಾವು ತರ್ಕಿಸಬಹುದು. ಎಷ್ಟು ತಾಪವನ್ನು ತಲುಪಬಲ್ಲದು? ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಕೆಲವು ದಶಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ತಲುಪಿದಾಕ್ಷಣ **ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆ ಮೊದಲ್ಗೊಳ್ಳುವುದು.** ಅಂದರೆ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಧನಾವೇಶಿತ ಪ್ರೊಟಾನುಗಳ ನಡುವಣ ಅಪಕರ್ಷಕಾತ್ಮಕ (repulsive) ಬಲವನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಮೀರುವುದು. ನಂತರ, ಅಂದರೆ ನಾವು ಮುಂದೆ ನೋಡುವಂತೆ ಅನಿಲಮೋಡದ ಆಂತರಿಕ ತಾಪವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವರ್ಧಿಸಬಲ್ಲದು.

ಬಾಕ್ಸ್ 5. ರಹಸ್ಯಮಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ

ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಂದರೇನು? ಸರಳವಾಗಿ ವಿವರಿಸುವುದಾದರೆ, ಪರಿಮಿತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಇರುವಿಕೆಯ (states of existence)ಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನೀವು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇದನ್ನ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಭೇದಿಸಲ್ಪಡುವ (ಕಣಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಚಲನಬಲಯುತವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ) ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಒಳಗಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈಗ ಈ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಒಳಗೆ ಎಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದರೂ ಇರಬಹುದು ಮತ್ತು ಹೊರಗೆ ಇರುವ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯಂತೆಯೂ ಇರಬಹುದು. ಪೆಟ್ಟಿಗೆ ಮಧ್ಯದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಕಣವು ಇದ್ದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬಹುದು. – ಇದನ್ನು ಕಣದ ಒಂದು "ಸ್ಥಿತಿ" ಎನ್ನುವರು. ಈ ಕಣದ ವೇಗದಲ್ಲಿಯೇ ಆದರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಿಂದ 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರವಿರುವ ಕಣದ 'ಸ್ಥಿತಿ' ಗಿಂತ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಒಳಗಣ ಕಣದ ಸ್ಥಿತಿ ಬೇರೆ ಆಗಿದೆ ಎನ್ನುವೆವು. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ, ವೇಗ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕು ಬದಲಾದಂತೆ ಕಣದ "ಸ್ಥಿತಿ"ಯೂ ಬದಲಿಸುವುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ "ಸ್ಥಿತಿಗಳು" ಒಂದು ಸಂಭವನೀಯತೆ ಯೊಂದಿಗೆ ಉಂಟಾಗಬಲ್ಲದೆಂದು ಚಿಂತಿಸಿ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅಥವಾ ಕಣವು ಒಂದು "ಸ್ಥಿತಿ"ಯಲ್ಲಿರದೆ ತಾನಿರಬಹುದಾದ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಭಾವ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಮಿಶ್ರಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಬಲ್ಲದು ಎಂಬ "ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಅಧ್ಯಾರೋಪಣ" ವನ್ನು (Superimposition of states) ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ನಿಮಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ (ಇದು ಹೇಗೆ ಮಿಶ್ರಣಗೊಳ್ಳುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಣಿತೀಯ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ನಿಶ್ಚಯಿಸಬಹುದೇ ಹೊರತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಲಾರೆವು) ಆಗ ಅದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತೀಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಿರಿ. ಕಡೆಯ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಶವೆಂದರೆ ನಾವು ಮಾಪನ ಕೈಗೊಂಡಾಗ ಕಣ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರಬಲ್ಲದು. ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯೊಳಗಣ ಕಣವು ಪೆಟ್ಟಿಗೆ ಒಳಗೆ ಯಾವುದಾರೂ ಅಥವಾ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಹೊರಗೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ತಾನು ಇರಬಲ್ಲದು.

ಈಗ ಬರುವುದು ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿ. ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಬೇಕಾದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕಣದಿಂದ ನಾನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರೂ ಸಹ ಅದು ಹೊರಗೆ ಜಿಗಿದು ಹೋಗುವ ಅಲ್ಪ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಉಂಟು. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇಷ್ಟಾದರೂ ಅದು ಕೊರೆದುಕೊಂಡು ಹೊರಹೋಗಬಲ್ಲದು". "ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಅಧ್ಯಾರೋಪಣ" ವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ನಿಯಮಗಳು ಹೇಗೋ ಈ ಸಾಧ್ಯತೆಗೆ ಅವಕಾಶವನ್ನೀಯುವುವು. ಹಾಗೆಯೇ, ಆಗೊಮ್ಮೆ ಈಗೊಮ್ಮೆ ಕಣವು ಹೀಗೆ ವರ್ತಿಸುವುದುಂಟು. ಇದನ್ನು ವಿವಿಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಗಮನಿಸಲಾಗಿದ್ದು ಇದು ಒಂದು ಸಾಟಿಯಿಲ್ಲದ ಕ್ವಾಂಟಂ ವಿದ್ಯಮಾನವಾಗಿದೆ (Quantum Phenomenon). ಈ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯವಾದ ಸಾದೃಶ್ಯವಿಲ್ಲ.



ಚಿತ್ರ 6. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ
Credits: Dr. James Shombert, University of Oregon.

1929ರಲ್ಲಿ ಜಾರ್ಜ್‌ಗಾಮೊ (1904–1968), ರೊನಾಲ್ಡ್ ಗುರ್ನಿ (1898–1953) – ಇವರುಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತದ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಹಲವಾರು ಜ್ಞಾನಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಅದರಲ್ಲೂ, ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯ ಮಹತ್ವ ಎಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ ಇದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟ. ಈ ಒಂದು ಅನ್ವೇಷಣೆ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶಾಖೆಯನ್ನೇ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿತು. ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಜೀವಿಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಆವಶ್ಯಕವಾದ ಸಂಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಒಂದಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದರ ಬಿಡುಗಡೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದೀರ್ಘಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅನ್ವೇಷಣೆಗೆ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂದು ವಿವರಿಸಿದ ಕಂಡನ್ ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಶಕ್ತಿಯ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅದರ ದೀರ್ಘ ಜೀವಿತಾವಧಿಗೆ ಕಾರಣ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ನಿರ್ಮೂಲನವೇ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ದರದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ನಿರ್ಮೂಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದಾದರೂ ಏಕೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಯಾವ ಆಧಾರವೂ ಸಿಗಲಿಲ್ಲ. ಉತ್ಪಾದಿತ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣ ಮತ್ತು ಅದು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ದರ – ಇವೆರಡಕ್ಕೂ "ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ" ಉತ್ತಮ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು.ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಉದ್ಯಮದ ಅಕ್ಷರಶಃ ಬೆನ್ನೆಲುಬಾದ ಡೈಯೊಡ್ ಮತ್ತು ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್‌ನಂಥ ಘನಸ್ಥಿತಿ ಉಪಕರಣಗಳ (Solid State Devices) ಕಾರ್ಯವಿಧಾನದ ಹಿಂದಿರುವುದೂ ಸಹ ಈ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತದ ಪರಿಣಾಮವೇ ಆಗಿದೆ.

ಸಂಭವಿಸುವುವು. (**ಬಾಕ್ಸ್ 4** ನೋಡಿ). ನಾವು ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಅನಿಲ ಮೋಡದ ಬಗೆಗೆ ಚಿಂತಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿರಿಸಿ. ಇದು ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಂಡು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯರ್ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ರೂಪುಗೊಳಿಸುವಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು. ಈ ಮೋಡಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿದ್ದು ಸಾಕಷ್ಟು ಗುರುತ್ವ ವಿಭವಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರದ ಕಾರಣ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲುಪಿದಾಕ್ಷಣ ಅವುಗಳ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣ ನಿಂತುಹೋಗುವುದು. ಆದರೆ ಈ ಮೋಡಗಳ ಬಗೆಗೆ ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

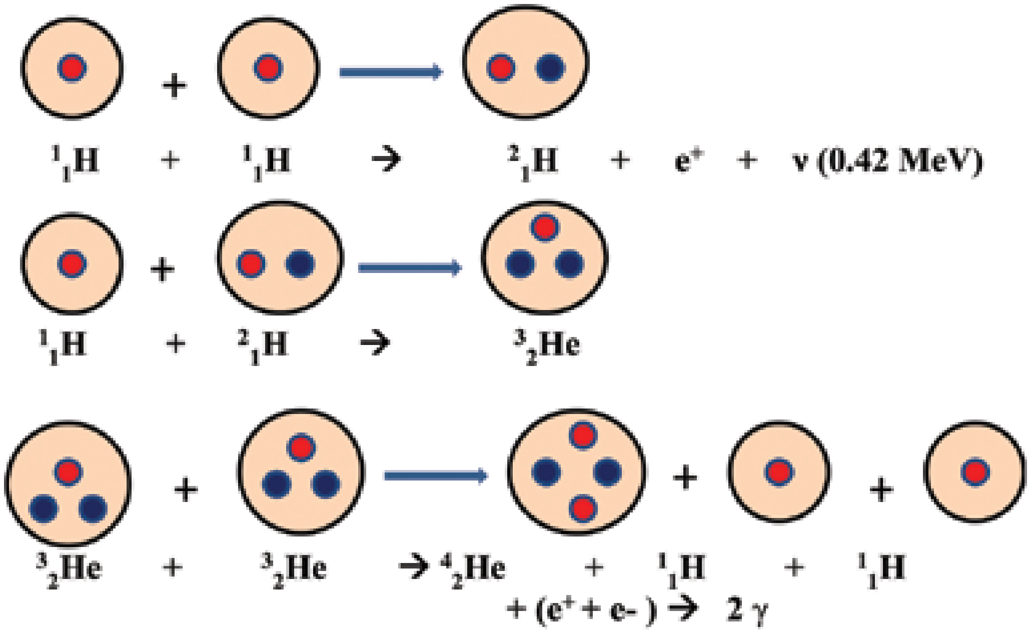
ಸಂಕೋಚನಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲದ ಮೋಡದ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿ ತಾಪವು ಕೆಲವು ಮಿಲಿಯನ್ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ತಲುಪಿದಾಗ ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನೇ ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಗಟ್ಟಿ 'ಸೂಪ್'ನಂತಿರುವ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುವು. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದಾಗ ಅವು ತಮ್ಮ ಪ್ರಬಲ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುದೀಯ ಅಪಕರ್ಷಣ (Electro static repulsion (ಎರಡೂ ಧನಾವೇಶಿತಗೊಂಡವುಗಳು)ವನ್ನು ಮೀರಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯರ್ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬೀರುವಷ್ಟು ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ (ಕ್ವಾಂಟಂ ಟನಲಿಂಗ್) ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಘಟನೆಯಿಂದ ಇದು ಸಂಭವಿಸುವುದು. ಈ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತವು ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಅವು ಅಲ್ಪ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಯೋಜನೆಗೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತರುವುದು. ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಅವು ಸಂಯೋಜನೆಗೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತರಲು ಯಥಾರ್ಥವಾಗಿ ಅಗತ್ಯವುಳ್ಳ ಉಷ್ಣತೆಗಿಂತ ತಾರೆಯೊಂದರ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವ ಕೆಲವು ಮಿಲಿಯನ್ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಉಷ್ಣತೆಯು ಸುಮಾರು **1000 ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದು**. ಈ ವಿಷಯವು 1920ರ ದಶಕದಲ್ಲೇ ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದಿತು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರಕ್ಕೆ ಮುನ್ನವೇ ಈ ವಿಷಯವು ತಿಳಿದು ಬಂದದ್ದು (1932ರಲ್ಲಿ) ಇನ್ನೂ ಕುತೂಹಲಕಾರಿಯೇ. ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ (ಫ್ಯೂಶನ್) ಉಂಟಾಗಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ ಎಂಬ ವಿಚಾರ ಬರಿಯ ಊಹೆಯಾಗಿದ್ದು ಅದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ತ ಆಧಾರಗಳಿರಲಿಲ್ಲ. ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸುರಂಗ ಕೊರೆತ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಪರಸ್ಪರ ಯಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ಕೊರೆಯುವಷ್ಟು ಹತ್ತಿರ ಬಂದಾಗ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಶಕ್ತಿಗಳು, ಅಂದರೆ ಪ್ರಬಲ ಮತ್ತು ನಿರ್ಬಲ ಶಕ್ತಿಗಳು, ಉಂಟಾಗಿ ಇಡೀ ಸನ್ನಿವೇಶವೇ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ.ಈಗ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು: ಇತರ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಬೃಹತ್ತರ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ರೂಪುಗೊಳಿಸಲು ಇದರೊಡನೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು, ಇದು ಹೀಗೆ ಮುಂದುವರೆಯಬಹುದು. ಈ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಬಲಗಳಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದ ಶಕ್ತಿಯು ಇದುವರೆಗೆ ಬಿಡುಗಡೆಗೊಂಡ ಉಷ್ಣವಿಕಿರಣಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಅಳೆಯಲಾರದಷ್ಟು ಪಟ್ಟು ಮಿಗಿಲಾಗಿರುವುದು. ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದು ಈಗ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಜನ್ಮ ತಳೆದು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಸಮ್ಮಿಳನದಿಂದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದು. ಇದರಿಂದ ಇದರ ಸಂಕೋಚನವು ನಿಧಾನಗೊಂಡು ನಕ್ಷತ್ರವು ಶಾಖವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆಯಲ್ಲದೆ ಅದನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಸೂಸುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣ ಎಂಬೀ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಕ್ಷತ್ರವು ದೀರ್ಘಾವಧಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ನಕ್ಷತ್ರದೊಳಗಣ ತಾಪವು ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಗ್ರಹಗಳ ಮತ್ತು ಜೀವಿಗಳ ವಿಕಸನಕ್ಕೆ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಕಾಲಾವಧಿಯವರೆಗೆ ಶಕ್ತಿಸರಬರಾಜು ಮಾಡುವಷ್ಟು ನಿಧಾನಗತಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಲು ಈ ಅಲ್ಪತಾಪವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ತಾರೆಗಳ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿ ತಾಪವು ಅಧಿಕತರವಾಗಿದ್ದರೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ವೇಗವಾಗಿ ನಡೆದಿರುತ್ತಿದ್ದು ಆಗ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಅಧಿಕತರವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಜೀವಿತಕಾಲಗಳು ಅಲ್ಪವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತಿದ್ದವು.

ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸೃಷ್ಟಿ.

ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸೃಷ್ಟಿಯ ವಿವರಗಳತ್ತ ಗಮನಹರಿಸುವ ಮುನ್ನ ಈ ಹಂತದಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಗುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳ ಸಂಕೇತದತ್ತ ಶೀಘ್ರ ನೋಟವನ್ನು ಬೀರೋಣ.

S ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣು A ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ, (ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನಲ್ಲಿರುವ



ಚಿತ್ರ 7. **ಪ್ರೋಟಾನ್–ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸರಣಿ ಕ್ರಿಯೆ (ಅಥವಾ p-p ಸರಣಿ)**

Credits: Nagendra Nath Mondal, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:H-2_atom.png. License: CC-BY.

ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ), Z ಅಂದರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಸಂಖ್ಯೆ (ಪ್ರೊಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಮೊತ್ತ) – ಈ ಮೂರು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು $^{Z}_{A}S$ ಎಂಬೀ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ತೊಡಕಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುವುದರಿಂದ ಸೌಕರ್ಯವಿದ್ದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟು ಕೇವಲ ^{Z}S ಎಂಬ ಸಂಕೇತವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ. ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ (ಪೀರಿಯಾಡಿಕ್ ಟೇಬಲ್) ನಿಮಗೆ ಎಟುಕುವಂತಿದ್ದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಂಕೇತ ಗೊತ್ತಿದ್ದಲ್ಲಿ ನೀವು ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲಿರಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, Be ಎಂದರೆ ಬೆರಿಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ಪರಮಾಣು. ಇದರ ಪರಮಾಣು ರಾಶಿ 8 ಇದರ (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ 4).

ನಕ್ಷತ್ರದೊಳಗೆ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಪುನರಾವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಜಲಜನಕದಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಎರಡು ಮೂಲಕ್ರಿಯೆಗಳು ಕಂಡುಬರುವುವು. ಮೊದಲನೆಯದು ಪ್ರೋಟಾನ್–ಪ್ರೋಟಾನ್ ಎಂಬ ಸರಣಿಕ್ರಿಯೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆ ಸಾಧಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವ 94% ಶಕ್ತಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ (ನೋಡಿ **ಚಿತ್ರ** 7).

ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ, H ಎಂದರೆ ಜಲಜನಕದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್. ಇದು ಕೇವಲ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು. ^{2}H ಎಂದರೆ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಪರಸ್ಪರ ಬಂಧಗೊಂಡು ಉಂಟಾಗಿರುವ ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್. **e^{+}** ಅಂದರೆ ಪೊಸಿಟ್ರಾನ್ (1932 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದದ್ದು) ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪ್ರತಿಕಣ (ಆಂಟಿ ಪಾರ್ಟಿಕಲ್), ν_e ಅಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನ್ಯೂಟ್ರಿನೊ (1930ರಲ್ಲಿ ಇದರ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸಮರ್ಥನೆ ಮತ್ತು 1956ರಲ್ಲಿ ಇದರ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಆವಿಷ್ಕಾರ), **^{3}He** ಎಂಬುದು ಎರಡು ಪ್ರೋಟನುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ಐಸೋಟೋಪ್, **^{4}He** ಅಂದರೆ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪ್ರಮಾಣಕ ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ (ಸ್ಟಾಂಡರ್ಡ್ ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್), ಹಾಗೂ γ ಅಂದರೆ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿ.

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ pp ಸರಣಿಯು ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಆರಂಭಗೊಂಡು ಒಂದು ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಮತ್ತು ಎರಡು ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಅಂತ್ಯಗೊಳ್ಳುವ ಒಂದು **ಆವರ್ತನ (Cycle)** ಆಗಿದೆ. ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನಲ್ಲಿ (ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ ಅನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ) ಪರ್ಯವಸಾನವಾಗುವ ಎರಡು ಪ್ರೊಟಾನುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಈ ಸರಣಿಯ ಪ್ರಪ್ರಥಮಕ್ರಿಯೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣ ಸರಣಿಗೆ **ನಿರ್ಣಾಯಕ ಕಾರಕ** ಅಂಶವಾಗಿದೆ. ಈ ಘಟನೆಯ ಕಾಲಪ್ರಮಾಣ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳು. ಅಂದರೆ ಸೂರ್ಯನ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿರುವ ಒತ್ತಡ ತಾಪಗಳ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಸೇರಿ ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ಆಗಲು **ಸುಮಾರು ಒಂದು ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳೇ** ಬೇಕಾಗುವುದು. ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ನಡುವೆ ಆಗುವ ಬಹಳಷ್ಟು ಆಘಾತಗಳಲ್ಲಿ (ಕೊಲಿಶನ್) ಅವು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಬಂದು ಪುನಃ ದೂರ ಹೋಗುವುವು. ಸಮ್ಮಿಳನವಾಗುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಕಾರಣ, **ದುರ್ಬಲ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಬಲಗಳೇ** ಈ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು. ಸರಣಿಯ ಇನ್ನುಳಿದ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ವೇಗವಾಗಿರುವುವು. ಏಕೆಂದರೆ ದುರ್ಬಲಶಕ್ತಿಗಿಂತ **ಬಹುಪಾಲು ಬಲವತ್ತರವಾಗಿರುವ** ಪ್ರಬಲ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಬಲವು ಇವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೀಲಿಯಂ ಉತ್ಪಾದಕವೂ ತತ್ಫಲವಾದ ಸೂರ್ಯನ ಶಕ್ತಿಗೆ ಕಾರಣವೂ ಆದ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಕ್ರಿಯೆ ಎಂದರೆ CNO ಆವರ್ತನ. ಹೆಸರೇ ಸೂಚಿಸುವಂತೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಮೂಲಧಾತುಗಳಾದ ಇಂಗಾಲ

(ಕಾರ್ಬನ್), ಸಾರಜನಕ (ನೈಟ್ರೋಜನ್) ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ (ಆಕ್ಸಿಜನ್) – ಇವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ನಾವು ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಈಗ ನಾವು ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವ ಹೀಲಿಯಂ ದಹನವನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನೋಡೋಣ. ಆಮ್ಲಜನಕ ದಹನವೇ ಪ್ರಧಾನವಾದ ಸೂರ್ಯ ಅಥವಾ ಅದೇ ಗಾತ್ರದ ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ.

ಅನಿಲ ಮೋಡದೊಳಗಿನ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಈ ಹಿಂದೆ ನಾವು ನೋಡಿದಂತೆ ಜಲಜನಕ ಹೀಲಿಯಂ ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡ ನಂತರ ಮತ್ತು ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಶಾಖವು ಹೊರಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರಿತಗೊಂಡ ನಂತರ ನಕ್ಷತ್ರವು ಕೊಂಚ ತಣ್ಣಗಾಗುವುದು. ತದನಂತರ ಮಂದಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಕೋಚನಗೊಳ್ಳಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು. ಈ ಸಂಕೋಚನವು ನಕ್ಷತ್ರದ ತಿರುಳಿನ ತಾಪವನ್ನು ಸುಮಾರು 100 ದಶಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್‌ಗೆ ಏರಿಸುವುದು. ಈ ಮಟ್ಟದ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳು ಸಮ್ಮಿಳನಗೊಂಡು ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳಾಗುವುವು.

ಈ ಹೀಲಿಯಂ ದಹನದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಥಮಕ್ರಿಯೆ ಹೀಗಿದೆ:

$$^{4}He + {}^{4}He \longrightarrow {}^{8}Be$$

ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು **ಅಂತರುಷ್ಣಕ (ಎಂಡೊಥರ್ಮಿಕ್)** ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಮುಂದಿನ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಹಂತವೆಂದರೆ ಹೀಲಿಯಂ ದಹನ. ^{8}Be ಯಿಂದ ^{12}C ಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುವಿಕೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಈ ಕ್ರಿಯೆ **ಬಹಿರುಷ್ಣಕ (ಎಕ್ಸೊಥರ್ಮಿಕ್)** ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದೆ.

$$^{8}Be + {}^{4}He \longrightarrow {}^{12}C + \gamma$$

ಈ ಎರಡೂ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಮೂರು ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳಿಂದ ಒಂದು ಇಂಗಾಲದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಂತಿಮ ಫಲವಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಮೊದಲನೇ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಾದ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಎರಡನೇ ಕ್ರಿಯೆಯು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ತಾಪಸಂವೇದಿ ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದ್ದು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕಕ್ಕಿಂತ **ಹೀಲಿಯಂ ಒಂದು ಇಂಧನವಾಗಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಬಲ ಸ್ಫೋಟಕವಾಗಿದೆ** ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ^{12}C ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ನಂತರ ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಮತ್ತಷ್ಟು ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತವೆ.

$$^{12}C + {}^{4}He \longrightarrow {}^{16}O + \gamma$$

$$^{12}O + {}^{4}He \longrightarrow {}^{20}Ne + \gamma$$

ಹೀಲಿಯಂ ದಹನದಂತೆ ಇರುವ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಇಂಗಾಲ, ನಿಯಾನ್, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಿಲಿಕಾನ್ ಇತ್ಯಾದಿ ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ದಹನಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳು **ಶತಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ** ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಅಧಿಕ ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಬಹುತೇಕ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿದ್ದು ಅನೇಕಾನೇಕ **ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ** ಮುಂದುವರೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಇದು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿಧದ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನು ಕೊಡಬಹುದಾಗಿದೆ. (ಬಾಕ್ಸ್ 5 ಸ್ಮರಿಸಿ). ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೆಗ್ನೀಷಿಯಂ ಅಥವಾ ಸೋಡಿಯಂ ಅಥವಾ ನಿಯಾನ್ ಅಥವಾ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವಂಥ ಎರಡು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ:

$$^{12}C + {}^{12}C \longrightarrow {}^{24}Mg + \gamma$$
$$\longrightarrow {}^{23}Mg + n$$
$$\longrightarrow {}^{23}Na + p$$
$$\longrightarrow {}^{20}Ne + {}^{4}He$$
$$\longrightarrow {}^{16}O + 2\,{}^{4}He$$

ಈ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ರೀತಿಯ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಬಹಳ ಭಿನ್ನ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರದ ತಿರುಳಿನ ತಾಪವನ್ನು ಇದು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ, ^{22}Si, ^{31}S, ಮತ್ತು ^{31}P – ಇವುಗಳನ್ನು ನೀಡುವ ಆಮ್ಲಜನಕ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಬಹುದು.

ಇಂತಹ ಅತ್ಯಧಿಕ ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನಗೊಂಡ ವಿಕಿರಣದ ಕೆಲಭಾಗವು ಹೊಸತಾಗಿ ನಿರ್ಮಾಣವಾದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳನ್ನು ಒಡೆದು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ದ್ಯುತಿವಿಯೋಜನೆ **(ಫೋಟೊಡಿಸ್‌ಇಂಟಿಗ್ರೇಷನ್)** ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಈ ಮಟ್ಟದ ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸಂಕೀರ್ಣಗೊಳಿಸುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ,

$$^{20}Ne + \gamma \longrightarrow {}^{16}O + {}^{4}He$$

ಎಂಬ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಿಯಾನಿನ ದ್ಯುತಿವಿಯೋಜನೆಯ ಮೂಲಕ ಹೀಲಿಯಂ ಅನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲದು. ಅಂತಹ ಒಂದು ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಪುನಃ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸರಣಿಯ ಮೂಲಕ ಸಂಯೋಗಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ^{16}O, ^{24}Mg, ಮತ್ತು ^{28}Si ಗಳ ಒಂದು ಮಡುವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದು. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ತಿರುಳಿನ ತಾಪ ಮೂರು ಶತಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಅನೇಕ ಸಂಕೀರ್ಣ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸರಣಿಗಳು ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ವಿಯೋಜನೆಯು ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಕ್ರಮಶಃ ^{27}Al ಮತ್ತು ^{24}Mg ಮುಂತಾದ ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ ಕಡೆಗೆ ^{56}Fe ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುವು. ^{56}Fe ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಶಕ್ತಿ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವುವು. ಆದರೆ ^{56}Fe ಗಿಂತ ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆಗೆ ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ಈ ಅಧಿಕತರ ಭಾರವುಳ್ಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಹೇಗೆ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಗೊಳ್ಳುವುವು? ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಹೀರಿಕೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಧನಾವೇಶಿತ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳ ನಡುವೆಯಿರುವ ಪ್ರಬಲ ಅಪಕರ್ಷಣದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗದ ಪ್ರಕ್ರಿಯೇ ಇದಾಗಿದೆ. ಪರಮಾಣು ರಾಶಿ Z ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ A - ಇವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡಾಗ (Z+1) ಪರಮಾಣು ರಾಶಿಯುಳ್ಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಆಗುವುದಲ್ಲದೆ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (A+1) ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಹೊಸ ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ (emitting) ಕ್ಷಯಗೊಳ್ಳುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವವರೆಗೂ ಮುಂದುವರೆಯಬಲ್ಲದು. ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕಿಂತಲೂ ಭಾರವಾದ

ಬಾಕ್ಸ್ 6: ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ [2H] ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆಯ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಕಾಲರೇಖೆ

1930 ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಹಲವು ನಿರ್ಣಾಯಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಗೊಳಿಸುತ್ತಿದ್ದು ಹತ್ತು ಹಲವು ಐಸೊಟೋಪುಗಳು, ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಅನ್ವೇಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದವು. ರಾಬರ್ಟ್ ಡಿ ಎಸ್ಕೂರ್ಟ್ ಅಟ್ಕಿನ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಕ್ರಿಚ್‌ಫ಼ೀಲ್ಡ್ –ಇವರಿಬ್ಬರೂ ಪ್ರೋಟಾನ್–ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸರಣಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ಅರಿವನ್ನು ವಿಕಸನಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದರು.

1919: ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಎಡ್ಡಿಂಗ್‌ಟನ್ ಎಂಬಾತ ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಶಕ್ತಿಉತ್ಪಾದನೆಯ ಮೂಲ ಜಲಜನಕವು ಹೀಲಿಯಂ ಆಗಿ **ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಗೊಳ್ಳುವುದೇ** ಆಗಿರಬಹುದು ಎಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟನು. ಅದರೆ ಆತನಿಗೆ ಇದು ಹೇಗೆ ಆಗಬಹುದು ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ನಿವ್ವಳ ಧನಾವೇಶ ಎರಡು ಇರಬೇಕಾದ್ದರಿಂದ ಅದರ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನಲ್ಲಿ 4 ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು 2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಜನರು ತಿಳಿದಿದ್ದರು (ನ್ಯೂಟ್ರಾನನ್ನು 1932ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದರು ಎಂದು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡಿ). 2 ಅಥವಾ 3 ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದ ಯಾವುದೇ ನೈಸರ್ಗಿಕ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ನ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗೆಗೆ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. 4ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಮತ್ತು 2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಬಂದು,ಶಕ್ತಿ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಹೀಲಿಯಂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಆಗಿ ಸ್ಥಿತಗೊಳ್ಳುವಂತಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಅದು ಎಡ್ಡಿಂಗ್‌ಟನ್ ಹೇಳಿದ ಆಧಾರಕಲ್ಪಿತ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದಾದ ಏಕಮಾತ್ರ ಮಾರ್ಗವಾಗಿತ್ತು. ಇಂತಹ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಂಕೀರ್ಣ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಂಭವನೀಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿತ್ತು.

1931: ಅಟ್ಕಿನ್‌ಸನ್ ಹೀಗೆ ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟನು– **"ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ದೊರೆತ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹ ಎಷ್ಟಿತ್ತೆಂದರೆ ವಿರೋಧಾಭಾಸವಿಲ್ಲದೆ ಒಂದು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿರಲಿಲ್ಲ"**. ಇಂಥ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಹಲವು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ, ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಆದಿಯಿಂದ ಅಸ್ತಿತ್ವಲ್ಲಿದ್ದ ಏಕಮಾತ್ರ ರಾಸಾಯನಿಕವು ಜಲಜನಕವೇ ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಯಿತು. ಕಷ್ಟಕರವಾದದ್ದು ಏನೆಂದರೆ ಕೇವಲ ಶುದ್ಧ ಜಲಜನಕದಿಂದ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭಗೊಳ್ಳುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು. ಜಲಜನಕಕ್ಕಿಂತ ಭಾರವಾದ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಮೊದಲೇ ಇತ್ತು ಎಂಬ ಊಹನದೊಂದಿಗೆ, ಆದರೆ ಅವು ಹೇಗೆ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದಿರಬಹುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಯಾವ ವಿವರಣೆಯಿಲ್ಲದೆ ಸಂಶೋಧಕರು ಕಾಯೋನ್ಮುಖರಾಗಿದ್ದ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳು ಅವಾಗಿದ್ದವು.

1936: ಇತ್ತೀಚಿನ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು, ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ಮತ್ತು (^2H) ಮತ್ತು ಪೊಸಿಟ್ರಾನುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅಟ್‌ಕಿನ್‌ಸನ್ 1931 ರಿಂದ ತನ್ನ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಪುನರ್‌ಪರೀಕ್ಷಣೆ ಮಾಡಿದನು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನೊಂದಿಗಿನ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಿಂದ ಅಪಕರ್ಷಣೆಯ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಎದುರಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದೂ (ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ನಿವ್ವಳ ಆವೇಶವು ಶೂನ್ಯ) ಹಾಗಾಗಿ ಅವು ಯಾವ ತಾಪಮನದಲ್ಲೂ ಸಹ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗಬಲ್ಲವು ಎಂದೂ ನಂಬಲಾಗಿತ್ತು. ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆಯೇ ಎಂಬುದು ಈಗ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿತ್ತು.ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರೋಟಾನು ಉತ್ಪಾದಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದಾಗ ಅಂಥಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಅತಿ ಮಂದಗತಿಯವು ಹಾಗೂ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವಂಥವು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, $^1H + e \rightarrow n$, ಪ್ರೋಟಾನಿನಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಹೀರಿಕೆ ತತ್ಫಲವಾಗಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಉತ್ಪತ್ತಿ– ಎಂಬೀ ಕ್ರಿಯೆ ಕಂಡುಬರಲೇ ಇಲ್ಲ. ಅಟ್ಕಿನ್‌ಸನ್ ಹೇಳಿದ ಉಳಿದ ಏಕಮಾತ್ರ ಪರ್ಯಾಯವೆಂದರೆ $^1H + ^1H \rightarrow 2\,^2H + e^+$, ಎಂಬೀ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ ಮೊದಲು ಹೇರಳವಾಗಿ ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ಅನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ ನಂತರ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅಟ್ಕಿನ್‌ಸನ್ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂ ಅನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ ಅದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದ. ಅಲ್ಲದೆ, ಇದು ಸುಲಭವೂ.ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯುವ ವೇಗವೆಷ್ಟು ಎಂದು ಅಳೆಯುವುದು ಸುಲಭ ಎಂದೂ ಭಾವಿಸಿದ್ದ. ಇಲ್ಲಿ ಆತ ತಪ್ಪಿದ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇದೇ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಅತಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಇದರ ಅತ್ಯಂತ ಅಲ್ಪ ಇಳುವರಿಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವುದೇ ಇಲ್ಲ ಎನ್ನಬಹುದು. ಜೊತೆಗೆ, ಕಷ್ಟಕರ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಾದ ಡ್ಯುಟಿರಿಯಂನ ರೂಪುಗಳ್ಳುವಿಕೆಯ ನಂತರವೇ ಇತರ ವೇಗವಾದ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಸುಗಮ ದಾರಿ ತೋರಿಬರುವುದು.

1938: ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಕ್ರಿಚ್‌ಫ಼ೀಲ್ಡ್ (1911–1994) ಜಾರ್ಜ್ ವಾಷಿಂಗ್‌ಟನ್ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯಲ್ಲಿ ಓರ್ವ ಪಿಎಚ್. ಡಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾಗಿದ್ದ. ಟೆಲ್ಲರ್ ಮತ್ತು ಗಾಮೊ ಅವರುಗಳ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ. ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ p-p ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವುದು ಎಂದು ಆತನಿಗೆ ಲೆಕ್ಕಮಾಡಲು ಗಾಮೊ ಸಲಹೆ ಮಾಡಿದ. ಕ್ರಿಚ್‌ಫ಼ೀಲ್ಡ್ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರವನ್ನು ಮುಗಿಸಿದ ನಂತರ ಅದನ್ನು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮುಖಂಡನೆಂದು ಹೆಸರುವಾಸಿಯಾಗಿದ್ದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಹ್ಯಾನ್ಸ್‌ಬೀತ್‌ಗೆ ತೋರಿಸಿ ಆತನ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಪಡೆಯುವಂತೆ ಗಾಮೊ ಸಲಹೆ ಮಾಡಿದ. ಬೀತ್ ಆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳು ಸರಿಯಾಗಿವೆಯೆಂದು ಹೇಳಿದ. ಆದ್ದರಿಂದ 1938 ರಲ್ಲಿ ಬೀತ್ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಚ್‌ಫ಼ೀಲ್ಡ್‌ರವರುಗಳು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರವನ್ನು ಪ್ರಕಟಗೊಳಿಸಿದರು. ಈ p-p ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಗೆಗೆ ವಿಚಾರವನ್ನು ಯೋಚಿಸಿದ ಅಟ್ಕಿನ್‌ಸನ್‌ಗೆ ಈ ಸಂಶೋಧಕರು ಸಲ್ಲತಕ್ಕ ಗೌರವವನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸಲಿಲ್ಲ.

ಚಿತ್ರ 8. ರಾಬರ್ಟ್ ಡಿ ಎಸ್ಕೂರ್ಟ್ ಅಟ್‌ಕಿನ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಕ್ರಿಚ್‌ಫ಼ೀಲ್ಡ್ ಪ್ರೋಟಾನ್–ಪ್ರೊಟಾನ್ ಸರಣಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ಅರಿವನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದರು.

ಹೀಗೆ p-p ಸರಣಿಯ ಪ್ರಥಮ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕುರಿತಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು.ಬಹುತೇಕ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿಯೇ ನಡೆಸಲಾಯಿತು ಹಾಗೂ ಇವುಗಳನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ನಿಖರತೆಗಾಗಿ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯೊಂದಿಗೆ ತಾಳೆನೋಡಲಾಯಿತು.

ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಹೀರಿಕೆಯಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.

ಉಪಸಂಹಾರ

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ನೋಡಿದೆವು. ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ವಯಸ್ಸಾದಂತೆ ಹಾಗೂ ಅವು ಸೂಪರ್‌ನೋವಾಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡಂತೆ ಅವು ಸ್ಫೋಟಗೊಂಡು ಅವು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಬಿತ್ತುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಜೀವಪೋಷಕಗಳಾಗಬಲ್ಲ ಹೊಸ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಅನಿಲಮೋಡಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ.

ಕಣಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಎಸೆದು ಅವು ಯಾವ ಹೊಸ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ, ಪರಸ್ಪರ ಆಘಾತದಿಂದ ಅವು ಹೇಗೆ ಕ್ಷಯಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಏನು? ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ನಮಗೆ ನೀಡುವ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಕಸನವಾಗಿರದಿದ್ದಲ್ಲಿ ಈ ಕಥೆಯ ಬಹಳಷ್ಟು ಭಾಗ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯುತ್ತಲೇ ಇರಲಿಲ್ಲ. ವಿಕಿರಣಶೀಲತೆ (ರೇಡಿಯೊ ಆಕ್ಟಿವಿಟಿ)ಯನ್ನು ನೋಡುವ ಹಾಗೂ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ಗಳ ಸ್ಥಿರತೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಹೊಸ ಮಾರ್ಗಗಳು ಹಾಗೂ ಹೊಸ ರೀತಿಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹೇಗೆ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ನಿರ್ಣಾಯಕವಾಗಿವೆ. ಇನ್ನೂ ಅನೇಕಾನೇಕ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಿಸಲು ಬಾಕಿಯಿದ್ದು ಅನೇಕ ವಿಸ್ಮಯಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿರಿಸಬಲ್ಲ ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ಇದೆ.

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: A star-forming region in the large Megaellanic C loud. ESA/Hubble, Wikimedia Commons. URL:https://upload. Wikimedia/commons/6/62/Starsinthesky.ipg. License:CC-BY.

ಗ್ರಂಥಋಣ:

1. The Synthesis of Elements: The Astrophysical Quest for Nucleosynthesis and What It Can Tell Us About the Universe.Giora Shaviv.Springer-Verlag
2. Berlin Heidelberg, 2012, ISBN 978-642-28384-0.
3. Theoritical Astrophysics Volume 1: Astrophysical Processes. T. Padmanabhan. Cambridge University Press, 2000.
4. The Atom in the History of Human Thought: Bernard Pulman. Oxford University Press, 1998.

ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಕೃಷ್ಣನ್ ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ಲರ್ನಿಂಗ್, ಬೆಂಗಳೂರು – ಇಲ್ಲಿ ಬೋಧಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇವರು ಸೆಮಿ–ಕ್ಲಾಸಿಕಲ್ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಗ್ರಾವಿಟಿ ಎಂಬ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ IUCCA ಯಿಂದ ಪಿ.ಎಚ್‌ಡಿ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಡಿಸೈನ್ ಆಂಡ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಮತ್ತು ಓದು ಇವರ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯಗಳು ಇವರನ್ನು ksrini69@gmail.com ಎಂಬಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು.

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಘನಶ್ಯಾಮ ಕೆ.ವಿ.

ಗ್ರಹ ವಿಶ್ವಗಳ ಉಗಮ

ಆನಂದ್ ನಾರಾಯಣನ್

ಗಗನ ನೌಕೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ನೇರವಾಗಿ ನಾವು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ಮಾಡಿರುವ ವಿಶ್ವದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸ್ಥಳವೆಂದರೆ ಸೌರವ್ಯೂಹ. ಹಲವು ವಿವಿಧ ಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆಗಳ ನಡುವಣ ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಸುದೀರ್ಘ ಹಾಗೂ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿ ಸಹಯೋಗಕಾರಿ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟು ಮತ್ತು ನಂತರದ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ನಮಗೆ ನೆರವಾಗಿವೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಈ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಥೆಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತಾ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಒಳಗಿನ ಮತ್ತು ಹೊರಗಿನ ಹೊಸ ತಿಳುವಳಿಕೆಗಳು ಹೇಗೆ ಗ್ರಹ ಗ್ರಹ ಮಂಡಲಗಳ ಬಗೆಗಿನ ನಮ್ಮ ಅರಿವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಾ ಬಂದಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಹ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತದೆ

ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಸಹಸ್ರ ಕೋಟಿ ತಾರೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಶಾಲ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ನಾವು ನಿಜಕ್ಕೂ ನಮ್ಮ ವಾಸಸ್ಥಾನವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸ್ಥಳವಿದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯಜನಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದಕ್ಕೂ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಈ ಭೂಮಿ ಎಂಬ ಗ್ರಹವು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಪಂಚ. ಆದರೂ ಈ ಶಿಲಾಪ್ರಪಂಚವು ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಸ್ಥಳ. ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಜೀವರಾಶಿಗಳನ್ನು ಪೋಷಿಸುವ ಏಕಮಾತ್ರ ಗ್ರಹ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ.

ಈ ಭೂಮಿ ಹೇಗೆ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದಿತೆಂದು ನೀವು ಎಂದಾದರೂ ಕೌತುಕ ಪಟ್ಟಿದ್ದೀರಾ? ಯಾವಾಗ ಹೇಗೆ ಇದು ರೂಪುಗೊಂಡಿತು? ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟಿಗೂ ಮೊದಲು ಏನಿತ್ತು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಹಿಂದೆ ಇನ್ನೂ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಚಿರಂತನ ಹಂಬಲವಿದೆ. ಅದೇ ಈ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ನಾವೊಬ್ಬರೇ ಇದ್ದೇವೆಯೇ ಎಂಬುದು. ಭೂಮಿಯಿಂದಾಚೆಗೆ ಜೀವರಾಶಿಗಳು ಇರಬಹುದೇ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಕುರಿತು ನಾವು ಸದಾ ಚಕಿತರಾಗಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಭೂಮಿ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಹಲವಾರು ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆಯಷ್ಟೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಸೂರ್ಯ ಕೂಡ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಅಸಂಖ್ಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ಮತ್ತೊಂದು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಭೂಮಿಯಂತಹ ಇನ್ನೊಂದು ಗ್ರಹವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಎಷ್ಟು? ಜೀವಿ ಎನ್ನುವುದು ಒಂದು ಬಾರಿ ಘಟಿಸಿದ ಆಕಸ್ಮಿಕ ಘಟನೆಯೇ, ಅತಿವಿರಳ ಘಟನೆಯೇ ಅಥವಾ ಸರ್ವತ್ರ ಕಾಣುವ ಒಂದು ಘಟನೆಯೇ?

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟು

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟು ಬಹಳ ಹಿಂದೆ ಸಂಭವಿಸಿದ ಘಟನೆ. ನಾವು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹಿಂದೆ ಸರಿದು ಅದು ಹೇಗೆ ನಡೆಯಿತು ಎಂದು ನೋಡಲಾರೆವು. ಸಂಭವನೀಯ ಗ್ರಹ ಸಂರಚನೆ ಯಾವ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಿದ್ದಿರಬಹುದೆಂದು ಎಚ್ಚರದಿಂದ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತ ರೂಪಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟಿನ ಬಗೆಗೆ ತಿಳಿಯಲು ನಾವು ಆಶಿಸಬಹುದು. ನಂತರ ನಾವು ನಮ್ಮ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಇತರ ಪ್ರಮಾಣಿತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತಿಳುವಳಿಕೆಯೊಂದಿಗೆ ತಾಳೆ ಮಾಡಿ ನೋಡಬಹುದು. ಅದೃಷ್ಟವಶಾತ್, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಾವೇನೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಸ್ವತಃ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ವಿನ್ಯಾಸವೇ ತನ್ನನ್ನು ಕುರಿತ ಮಾಹಿತಿಯ ಬಗೆಗೆ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಸುಳಿವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಗಮದ ವಿನ್ಯಾಸಗಳು

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಎಲ್ಲ ಘಟಕಗಳು ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಗಮವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಂಥ ಅನೇಕ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ:

1. ಎಲ್ಲ ಗ್ರಹಗಳು ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸುತ್ತು ಹಾಕುತ್ತಿವೆ. ಭೂಮಿಯ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಮೇಲಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ನೋಡಿದಾಗ ಅವೆಲ್ಲವೂ ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆಯಾಗಿ (ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೆ) ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದು ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ.

2. ಗ್ರಹಗಳು ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಸುತ್ತು ಹಾಕುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಸೂರ್ಯನೂ ಸಹ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ತಿರುಗುತ್ತಾನೆ. ಇದನ್ನು ಮುಮ್ಮುಖ ಪರಿಭ್ರಮಣೆ ಎನ್ನುವರು.

3. ಎಲ್ಲ ಗ್ರಹಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳು ಮತ್ತು ಬಹುತೇಕ ಕ್ಷುದ್ರ ಕಾಯಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳು ಬಹುಪಾಲು ವೃತ್ತಾಕಾರವಾಗಿಯೇ ಇವೆ.

4. ಎಲ್ಲ ಗ್ರಹ ಕಕ್ಷೆಗಳು ಬಹುತೇಕವಾಗಿ ಒಂದೇ ಸಮತಲದಲ್ಲಿವೆ.

ಒಂದು ವೇಳೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಘಟಕಗಳು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದವು ಎಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಮೇಲಿನ ಅಂಶಗಳು ಘಟಿಸುವ ಸಂಭಾವ್ಯತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟು ಏಕಮೇವ ಘಟನೆಯಿಂದ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ಈ ಅಂಶಗಳು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುವಂತಿವೆ.

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ವಯಸ್ಸು

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಉಗಮ ವಿಶ್ವದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಏಕಮೇವ ಘಟನೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದು ಎಷ್ಟು ಕಾಲದ ಹಿಂದೆ ಘಟಿಸಿರಬಹುದು? ಕೇವಲ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ಪುರಾತನ ಶಿಲೆಗಳ ವಯಸ್ಸನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದರ ಮೂಲಕ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರಿಸಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದಾರೆ. ರೇಡಿಯೋ ಮಾಪನ ಕಾಲನಿರ್ಣಯ (Radiometric dating) ಎಂಬ ತಂತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಿ ಪುರಾತನ ಶಿಲೆಗಳ ವಯಸ್ಸನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿದಾಗ 4.5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳು ಎಂಬ ಉತ್ತರ ದೊರೆತಿದೆ. (**ಚಿತ್ರ 1** ನೋಡಿ). ಭೂಮಿಯ ವಿವಿಧ ಸ್ಥಳಗಳಿಂದ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದ ಉಲ್ಕಾ ಶಿಲೆಗಳ ನಮೂನೆಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಮಾಪನ ಕಾಲನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದಾಗ ಅದು ಮೇಲಿನ ಅಂದಾಜನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿದೆ. ಅದು ಸಹ ಸರಿ ಸುಮಾರು 4.5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ವಯಸ್ಸನ್ನೇ ಸೂಚಿಸುತ್ತಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಸುಮಾರು 4.5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಘಟಿಸಿರಬೇಕು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಭೂಮಿಯು ರಚಿತವಾದ ಒಂದು ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಪ್ರಪ್ರಥಮ ಜೀವರಾಶಿಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡವು, ಹಾಗೂ ಕೆಲವು ಅಂದಾಜಿನ ಪ್ರಕಾರ ಆದಿ ಮಾನವನು ಕೇವಲ 600,000 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡನು !

ಚಿತ್ರ 1. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ ಎರಡು ದಿನಗಳ ನಂತರ ಏಪ್ರಿಲ್ 24, 2012 ರಂದು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾದ ಉಲ್ಕಾಶಿಲೆಗಳ ಚೂರುಗಳು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಸಣ್ಣ ಹಾಗೂ ದೊಡ್ಡ ಶಿಲೆಗಳ ತುಂಡುಗಳೇ ಉಲ್ಕಾಶಿಲೆಗಳು. ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಪ್ರಾರಂಭದ ದಿನಗಳ ಕಾಲದಿಂದ ಉಳಿದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಾದ ಇವುಗಳು ಅತಿ ಕೌತುಕಪೂರ್ಣ ವಸ್ತುಗಳಾಗಿವೆ.

ಕೃಪೆ: © ನಾಸಾ / ಎರಿಕ್ ಜೇಮ್ಸ್

4.5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ

ಸೌರವ್ಯೂಹಕ್ಕೂ ಮುನ್ನ ಏನು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿತ್ತು? ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳು ಹಾಗೂ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು ಸುಸಂಗತವಾದ ಒಂದು ಮಾದರಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಸರಿಸಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅವಕಾಶ(space)ದತ್ತ ಹರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಇರುಳಿನ ಆಕಾಶದತ್ತ ನಾವು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಮಿನುಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಹಾಗೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಖಾಲಿ ಅವಕಾಶದ ಅಂಧಕಾರವನ್ನು ಕಾಣುವೆವು. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಜಾಗ ಖಾಲಿ ಅಲ್ಲವೇ ಅಲ್ಲ ! ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಬಹಳಷ್ಟು ಜಾಗವನ್ನು ಪಸರಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲ ಹಾಗೂ ಧೂಳಿನ ದೊಡ್ಡ ಪದರಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳು ಕಾಣಲಾರವು. ಇದನ್ನು ಅಂತರ್ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಮಾಧ್ಯಮ ಅಥವಾ Interstellar medium or ISM ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. **ಚಿತ್ರ 2** ರಲ್ಲಿರುವಂತೆ ದೀರ್ಘ ಒಡ್ಡಿಕೆಯ (long Exposure) ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ISM ಒಂದು ದಪ್ಪನಾದ ಗಾಢ ಪಥದಂತೆ ಗೋಚರವಾಗುವುದು.

ISMನ ಪ್ರಮುಖ ಘಟಕಗಳೆಂದರೆ ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು. ಇವುಗಳೊಂದಿಗೆ ಕಾರ್ಬನ್, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳಂತಹ ಭಾರವಾದ ಧಾತುಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇರುವುವು. ಇವಲ್ಲದೆ, ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧೂಳಿನ ಹರಳುಗಳು ಇರುವುವು. ನಂಬುತ್ತೀರೋ ಇಲ್ಲವೋ, ಈ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಸಹ

ಚಿತ್ರ 2. ಭೂಮಿಯ ದಕ್ಷಿಣಾರ್ಧಗೋಳದ ಒಂದು ಜಾಗದಿಂದ ರಾತ್ರಿಯ ಆಕಾಶದ ದೀರ್ಘಒಡ್ಡಿಕೆಯ (long-exposure) ಒಂದು ಚಿತ್ರ. ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಚುಕ್ಕೆಗಳಂತೆ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಗಮನಿಸಿದಾಗ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕನ್ನು ಮರೆಮಾಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುವ ದಟ್ಟ ಕಲೆ ಅಥವಾ ದಟ್ಟ ಪಥಗಳನ್ನು ಸಹ ನಾವು ಕಾಣಬಹುದು. ಅನಿಲ ಹಾಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಇದನ್ನು ಅಂತರ್‌ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಮಾಧ್ಯಮ (Interstellar medium or ISM) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಇದು ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಲ್ಲಿನ ವಿಶಾಲ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಹರಡಿಕೊಂಡಿದೆ. ಚಿತ್ರದ ಮುನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತಿರುವುದು ಖಗೋಳ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯ. ಇಂತಹ ಗಾಢಾಂಧಕಾರದ ಸ್ಥಳಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಭೂಮಿಯಿಂದ ISM ಅನ್ನು ಇಂತಹ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯೊಂದಿಗೆ ಚಿತ್ರೀಕರಿಸಬಹುದು.

ಕೃಪೆ: © European Southern Observatory/Z.Bardon. URL: http://phys.org/news/2016-11-magellanic-clouds.html.

ಚಿತ್ರ 3. ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದ ಸಮೀಪೀಕರಿಸಿದ (zoom-in) ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ. ಚದುರಿದಂತಿರುವ ಕಪ್ಪು ಮೋಡವೇ ಅಂತರ್ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಮಾಧ್ಯಮ. ಇದು ಅನಿಲ ಮತ್ತು ಧೂಳಿನಕಣಗಳ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಣ. ಇಂತಹ ISM ಮೋಡಗಳು ತಮ್ಮ ಹಿಂದೆ ಇರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಹೊಮ್ಮುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಮಸುಕಾಗಿಸುತ್ತವೆ.

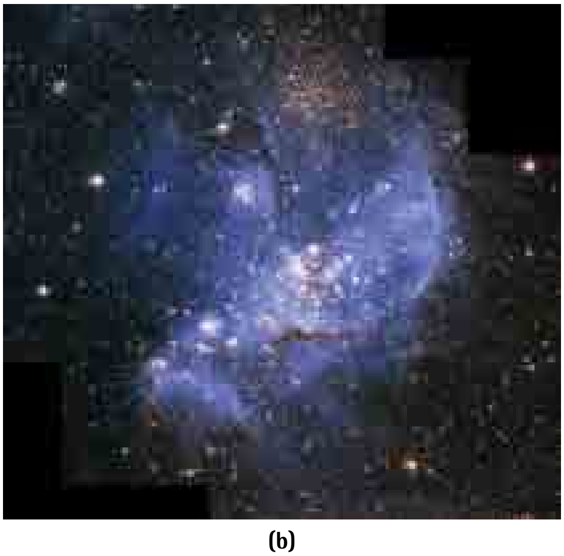
ಕೃಪೆ: © ಲೊಕ್‌ಕುನ್‌ಟಾನ್/ starry scapes. URL: http://www.deepsky watch.com/photography/starry-scapes.html.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳ ಸಂಯೋಜನೆ ಮತ್ತು ರಚನೆಯನ್ನೇ ಹೋಲುತ್ತವೆ.

ಈ ISM ಅತಿ ವಿರಳವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ಒಂದು ಘನಸೆಂಟಿಮೀಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅಲ್ಪವೇ. ISM ಬಹಳ ಚದುರಿದಂತ್ತಿದ್ದರೂ ಸಹ ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ ಒಟ್ಟು ದೃಗ್ಗೋಚರ ದ್ರವ್ಯದ ಶೇಕಡ 15ರಷ್ಟು ಇದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಕಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅವಕಾಶ ಅಪಾರ ಹಾಗೂ ಇದರ ಬಹುತೇಕ ಜಾಗವನ್ನು ISM ಆವರಿಸಿಕೊಂಡಿದೆ. ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ISM ಸರಾಸರಿ ಸಾಂದ್ರತೆಗಿಂತ 100–1000 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಅನಿಲದ ಮೋಡಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನೆಬ್ಯುಲೆ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಅಣುಮೋಡಗಳು (molecular clouds) ಎನ್ನುವ ಅತಿ ಶೈತ್ಯ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ನೆಬ್ಯುಲಾಗಳು ಹೊಸ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಜನ್ಮ ಸ್ಥಳಗಳಾಗಿವೆ. (**ಚಿತ್ರ 4 ನೋಡಿ**)

ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲದಂತಹ ಸಾಂದ್ರ ಅಂತರನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಪ್ರದೇಶಗಳು ನೂರಾರು ಸಾವಿರಾರು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಬೃಹತ್ ಅನಿಲ ಮೋಡಗಳಾಗಿವೆ. ಪ್ರತ್ಯೇಕ ನಕ್ಷತ್ರದ ಹುಟ್ಟು ವಿಘಟನೆಯ ಮುಖಾಂತರ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಘಟಕದಿಂದ ಸಣ್ಣ ಖಂಡಗಳು ಒಡೆದು ಬೇರೆಯಾಗಿ ನಂತರ ಅವು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವಿಕಾಸಗೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವಿಘಟನೆ ಎನ್ನುವರು. ಈ ವಿಘಟನೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಆಸಕ್ತಿಯಿಂದ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂತರನಕ್ಷತ್ರೀಯ ನೆಬ್ಯೂಲದೊಳಗೆ ಸ್ಫೋಟಗೊಳ್ಳುವ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಾಹ್ಯ ಆಘಾತ, ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಒತ್ತಡ ತರಂಗ ಅಥವಾ ಆಂತರಿಕ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧ

(a)



(b)

ಚಿತ್ರ 4. ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಹಬಲ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನಿಂದ ಸೆರೆ ಹಿಡಿದ ನಕ್ಷತ್ರ–ಸಂರಚನಾ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳು (ಎ) ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲ, ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತುತ ಹಲವು ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂರಚನಾ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ಈ ನೆಬ್ಯುಲವನ್ನು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆಳವಾಗಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಕಾರಣ, ಅದು ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿದೆ (ಸರಿಸುಮಾರು 1350 ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳು). ಒರಿಯಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದತ್ತ ನೀವು ನೋಡಿದರೆ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಮಂದಜ್ವಲನದಂತೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲ ಸಹಸ್ರಾರು ತಾರೆಗಳಿಗೆ ಜನ್ಮ ನೀಡಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಅನಿಲವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಛಾಯಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನೀವು ಕಾಣುವ ಪ್ರದೇಶ ಕೆಲವು ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದೆ. (ಬಿ) ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಲ್ಲಿ NGC 346 ಎನ್ನುವ ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಸಂರಚನಾ ಪ್ರದೇಶ. ನೀಲಿ ಹಾಗೂ ಕಪ್ಪು ವರ್ಣದ ಅನಿಲ ಕಂಬಗಳು ದಟ್ಟ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ISM ಅನಿಲ ಮೋಡಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಚಿತ್ರದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಬಹುತೇಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಇತ್ತೀಚಿನವುಗಳಾಗಿದ್ದು ಅನಿಲ ಮೋಡಗಳಲ್ಲಿರುವ ಚೂರುಗಳಿಂದ ಉಗಮಗೊಂಡಿವೆ.

Credits: © NASA/ESA/HST.

ದೃಗ್ಗೋಚರ • WFPC2

ಇನ್‌ಫ್ರಾರೆಡ್ • NICMOS

(a) (b)

ಚಿತ್ರ 5. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲದ ಒಳಗಿರುವ ಟ್ರಪೀಜಿಯಂ ಕ್ಲಸ್ಟರ್ ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಒಂದೇ ಪ್ರದೇಶದ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳು ಅಂತರನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಅನಿಲದ ದೊಡ್ಡ ಕಂಬಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತಿವೆ. ನಮ್ಮಿಂದ 1300 ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರವಿರುವ ಈ ಕ್ಲಸ್ಟರ್‌ನ ಈ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಹಬಲ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ಗೆ ಜೋಡಿಸಿರುವ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳಿಂದ ಸೆರೆಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. (ಎ) ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ (ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳು ಕಾಣುವ ಬೆಳಕು) ತೆಗೆಯಲಾಗಿರುವ ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ಲಸ್ಟರ್ ಒಳಗೆ ಅನಿಲದ ಕಂಬಗಳನ್ನು ನಾವು ಕಾಣಬಹುದು. ಆದರೆ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚದುರಿ ಹೋಗುವುದರಿಂದ ಈ ಚಿತ್ರವು ನೆಬ್ಯುಲದ ಒಳಗಣ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ. (ಬಿ) ಹಬಲ್ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನ ಅವಕೆಂಪು (Infra Red) ಫೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲ ವಿಭಿನ್ನ ಕ್ಯಾಮೆರಾದಿಂದ ತೆಗೆಯಲಾದ ಅದೇ ಪ್ರದೇಶದ ಚಿತ್ರ. ಅವಕೆಂಪು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಧೂಳಿನಿಂದ ಅಷ್ಟಾಗಿ ಚದರುವುದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ವಿಸ್ತೃತ (ಚದರಿದ) ಅನಿಲ ಮೋಡಗಳ ಮೂಲಕ ಇಣುಕಿ ನೆಬ್ಯುಲಾದ ಒಳಗೆ ಏನಿದೆ ಎಂದು ನಾವು ನೋಡಬಹುದು.

ಕೃಪೆ: © NASA/ESA/HST.

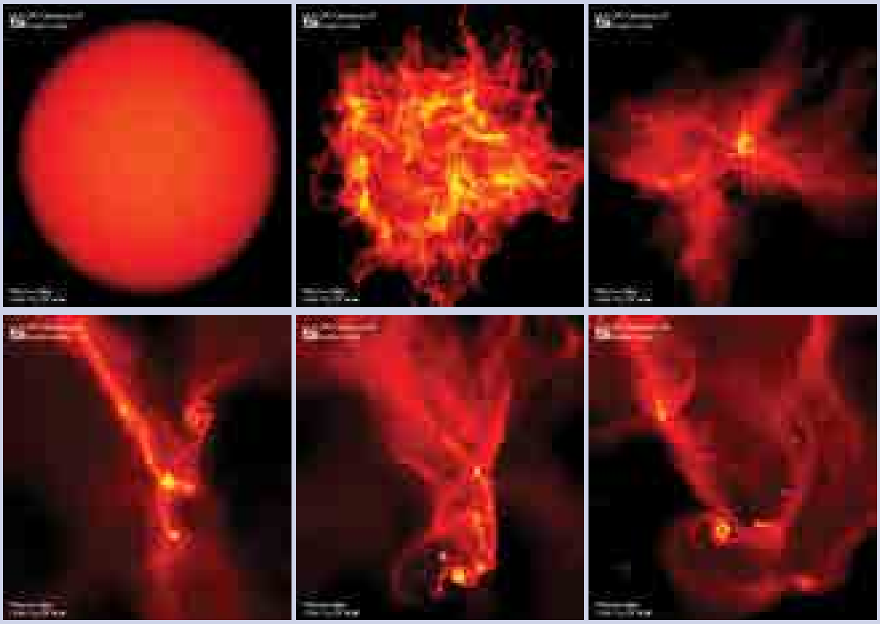
ಪ್ರವಾಹ ಇವೇ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ವಿಘಟನೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಬಲ್ಲವು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಅತಿ ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಸೂಪರ್ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ಮಾತ್ರ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲಾದಲ್ಲಿನ (**ಚಿತ್ರ 7** ನೋಡಿ) ನವಜಾತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಂತೆ, ಬಹುಶಃ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನೂ 5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ತುಣುಕಿನಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ತುಣುಕನ್ನು 'ಸೌರಪೂರ್ವ ನೆಬ್ಯುಲ' (Presolar Nebula) ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ. ತುಣುಕಾಗಿ ಬೇರ್ಪಟ್ಟ ನಂತರ ಸೌರಪೂರ್ವ ನೆಬ್ಯುಲ ತನ್ನದೇ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಕುಸಿಯುತ್ತಾ ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲಿಯೂ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕುಗ್ಗುತ್ತಾ ಬಂದಿತು.

ಹೀಗೆಯೇ ಕುಸಿಯುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ಸೌರಪೂರ್ವ ನೆಬ್ಯುಲದ ತಾಪಮಾನ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಯಿತು. ಕಾರಣ, ಕುಸಿಯುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿ ಮೊದಲು ಚಲನಶಕ್ತಿಯಾಗಿ (Kinetic Energy) ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡು ನಂತರ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಕುಸಿಯುತ್ತಿರುವ ನೆಬ್ಯುಲದ ಬಹುಪಾಲು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸಾಂದ್ರವಾಗಿರುವ ಅದರ ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಿರುತ್ತದೆ (**ಚಿತ್ರ 8** ನೋಡಿ).

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಸೂಪರ್ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ಅನುಕರಣೆಯಿಂದ ತೆಗೆದ ಅನುಕ್ರಮ ಚಿಟಿಕೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳು (Snapshot)

ಗ್ರಹ ಮಂಡಲಗಳ ಹುಟ್ಟಿನಂಥ ಅತಿ ನಿಧಾನಗತಿಯ ಆದರೆ ಅತಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅನುಕರಿಸಲು ಸೂಪರ್ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ಗಳು ನೆರವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಘಟನೆಗಳ ಅನುಕ್ರಮವನ್ನು ಅತಿ ತೀವ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುವುದನ್ನು ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಹೇಗೆಂದರೆ ಚಲನ ಚಿತ್ರವೊಂದನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ಮುನ್ನಡೆಸಿ ನೋಡಿದಂತೆ.

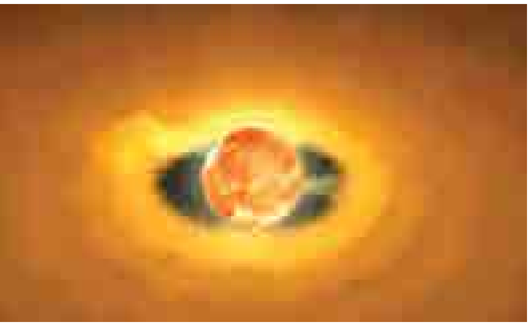


ಚಿತ್ರ 6. ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂರಚನೆ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ನೆಬ್ಯುಲದ ಸೂಪರ್ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ಅನುಕರಣೆ. ಈ ಅನುಕರಣೆಯು ದೈತ್ಯಕಾರದ ಗೋಳೀಯ ನೆಬ್ಯುಲಾವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಇದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಪ್ರಕ್ಷುಬ್ಧತೆಯನ್ನು ಈ ಅನಿಲ ಮೋಡಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಒಡೆದು ಕುಸಿಯುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಘಟನಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ನೆಬ್ಯುಲಾದ ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತಾ ತಂತು ರೂಪದ ರಚನೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವ ಚೂರುಗಳು ಹಾಗೆಯೇ ಕುಸಿಯುತ್ತಾ ಹೋಗಿ ಕಡೆಗೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಿ ರಚಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ನೀವು ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಚಲನಚಿತ್ರವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು. https://www.youtube.com/watch?v=YbdwTwB8jtc

ಕೃಪೆ: © Mathew Batte, University of Exeter.

ಚಿತ್ರ 7. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲಾದೊಳಗೆ ತಮ್ಮದೇ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಕುಸಿಯುತ್ತಿರುವ ತುಣುಕುಗಳು : ಹಬಲ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್‌ನಿಂದ ಈ ಚಿತ್ರ ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲಾದ ಒಳಗಿನ ಒಂದು ಮೋಡದೊಳಗೆ ಹುದುಗಿರುವ ಹಲವಾರು ತುಣುಕುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತುಣುಕು ತನ್ನದೇ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಕುಸಿಯಲು ಪ್ರಾರಂಭಗೊಂಡಿದ್ದು ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸಂರಚನೆಯತ್ತ ಸಾಗುತ್ತಲಿದೆ. ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹವೂ ಕೂಡ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಒಂದು ತುಣುಕಿನಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಗೊಂಡು ರಚಿತಗೊಂಡಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ.
ಕೃಪೆ: © STScI/NASA and ESA

ಈ ಅನಿಲದ ಚೆಂಡೇ ಮುಂದೆ ಸೂರ್ಯನಾಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳಲಿದೆ, ಆದರೆ ತಕ್ಷಣವೇ ಅಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಬೈಜಿಕ ಸಮ್ಮಿಳನ (ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಫ್ಯೂಷನ್) ಕ್ರಿಯೆ ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ನಡೆಯಲು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಅನುಕೂಲಕರವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇಂತಹ ಅರಳುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಆದ್ಯನಕ್ಷತ್ರಗಳು (ಪ್ರೊಟೊಸ್ಟಾರ್) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಬೈಜಿಕ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆ ಇನ್ನೂ ಆರಂಭವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿವರ್ತನೆ ಪೂರ್ವ ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಪ್ರಜ್ವಲಗೊಳಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಇದ್ದಿರಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 8. ತನ್ನ ಸಂರಚನೆಯಾದ ನಂತರ ನವಜಾತ ಸೂರ್ಯನು ಹೇಗೆ ಕಾಣುತ್ತಿದ್ದಿರಬಹುದು ಎಂಬುದರ ಓರ್ವ ಕಲಾಕಾರನ ಕಲ್ಪನೆ. ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ಪ್ರಕಾಶ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಸೂರ್ಯನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸಾಂದ್ರತೆ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ತಲುಪಿದಾಗ ದಶಲಕ್ಷ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರವೇ ಬೈಜಿಕ ಸಮ್ಮಿಳನ ಕ್ರಿಯೆ ಪ್ರಾರಂಭಗೊಂಡಿದ್ದಿರಬಹುದು.
ಕೃಪೆ: © NASA Goddard Media Studios.

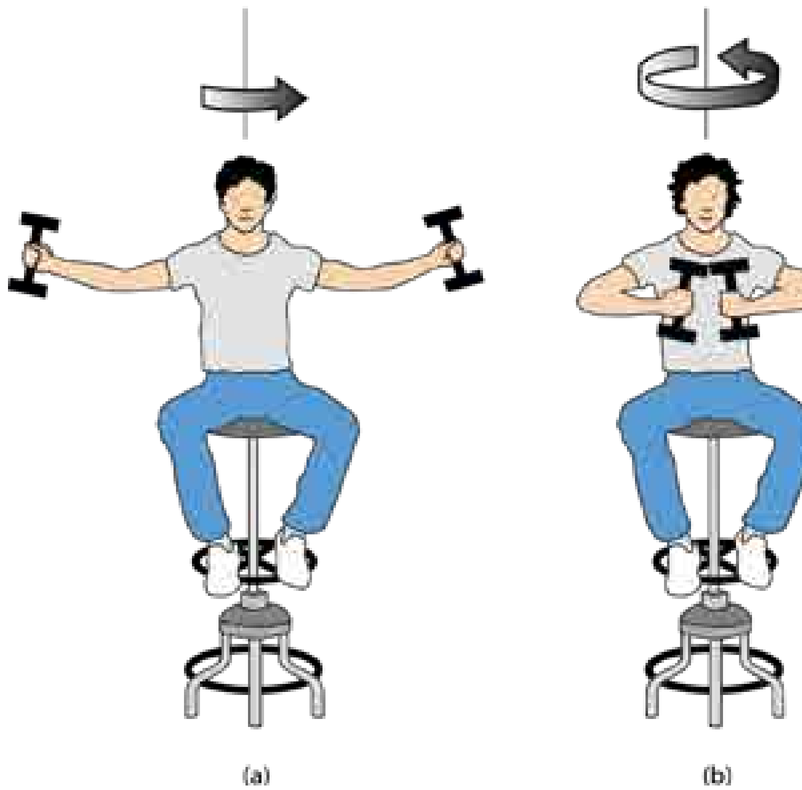
ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಗಳು – ಗ್ರಹರಚನೆಯ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಮೈಲಿಗಲ್ಲು

ಪ್ರಸ್ತುತವಿರುವ ಗ್ರಹ ಸಂರಚನೆಯ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಪೂರ್ವ ಸೂರ್ಯನು ಜನ್ಮ ತಳೆದಂತೆ ಅವನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಕುತೂಹಲ ಜನಕ ಘಟನೆ ಜರುಗಿತು. ಕುಸಿಯುತ್ತಿರುವ ನೆಬ್ಯುಲಾದ ತಟ್ಟೆಯ ಒಂದು ಭಾಗ ಚಪ್ಪಟೆ ಆಕಾರ ತಳೆದು ಪೂರ್ವ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಭೌತದ್ರವ್ಯದಿಂದಾದ ದಪ್ಪ ತಟ್ಟೆಯೊಂದು ರಚನೆಗೊಂಡಿತು. ಈ ಭೌತದ್ರವ್ಯದಿಂದಾದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಪರಿನಕ್ಷತ್ರೀಯ ತಟ್ಟೆ (circumstellar disk) (ಅಂದರೆ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ತಟ್ಟೆ) ಅಥವಾ ಪ್ರೊಟೊ ಪ್ಲಾನೆಟರಿ ಡಿಸ್ಕ್ (ಅಂದರೆ ಗ್ರಹವೊಂದು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ **ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ತಟ್ಟೆ**) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ವ್ಯೂಹದ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸುವ ಅಗತ್ಯದ ಫಲವಾಗಿ ಈ ತಟ್ಟೆ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ನಿಯಮ ಬಹಳ ಸರಳ. ಪ್ರತಿನಿತ್ಯವೂ ನಮ್ಮ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತಿರುತ್ತೇವೆ. ನೀವು ಎಂದಾದರೂ ತಿರುಗುವ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವಿರಾ? ಮುಂದಿನ ಬಾರಿ ನೀವು ಕುಳಿತಾಗ, ನಿಮ್ಮ ಸ್ನೇಹಿತನಿಗೆ ಕುರ್ಚಿಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವಂತೆ ಹೇಳಿ. ನಿಮ್ಮ ಕೈಗಳನ್ನು ಹೊರಚಾಚಿ (**ಚಿತ್ರ 10** ನೋಡಿ), ಬೇಕಾದರೆ ನಿಮ್ಮ ಕಾಲುಗಳನ್ನೂ ಹೊರಚಾಚಬಹುದು. ಕೆಲವು ಸುತ್ತುಗಳ ನಂತರ ನಿಮ್ಮ ಕೈಕಾಲುಗಳನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ರೀತಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸಿ. ಆಗ ಭ್ರಮಣದ ವೇಗ ಏನಾಗುವುದು ಎಂದು ಗಮನಿಸಿ.

ಸೌರಪೂರ್ವ ನೆಬ್ಯುಲ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕದಾದಾಗ, ಅದು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗಲಾರಂಭಿಸಿತು. ಹೀಗೆ ಭ್ರಮಣದ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಾದ್ದರಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಮೋಡವು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟೊಸನ್ ಆಗಿ ಕುಸಿಯಲಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಮೋಡದ ಕೆಲಭಾಗ ಪರಿನಕ್ಷತ್ರೀಯ ತಟ್ಟೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಒಂದು ಅಂದಾಜಿನ ಪ್ರಕಾರ ಕುಸಿಯುತ್ತಿರುವ ನೆಬ್ಯುಲಾದ ಸುಮಾರು 99% ಭಾಗ ಸೂರ್ಯನೊಳಗೆ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರಬೇಕು

ಚಿತ್ರ 9. ಆಗತಾನೆ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಕುರಿತು ಕಲಾಕಾರನೊಬ್ಬನ ಕಲ್ಪನೆ.
ಕೃಪೆ: © NASA/JPL – Catech.URL : https :// www.flickr.com / Photos/nasablueshift/76100340044. License:CC-BY.



ಚಿತ್ರ 10. ತಿರುಗುವ ಕುರ್ಚಿಯ ಮೇಲಿನ ಗಿರಕಿ – ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ನಿಯಮದ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ. ನಿಮ್ಮ ತೂಕವು ಹರಡಿದಾಗ ನಿಮ್ಮ ತಿರುಗುವಿಕೆಯೂ ಮಂದಗತಿಯಾಗುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸುವಿರಿ. ನಿಮ್ಮ ಕೈಕಾಲುಗಳನ್ನು ಒಳಸೆಳೆದು ಕುಗ್ಗಿಸಿಕೊಂಡಾಗ ನೀವು ತಿರುಗುವ ವೇಗ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು. ಒಂದು ವ್ಯೂಹ ಅಥವಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವು – ಅಂದರೆ ವ್ಯೂಹದೊಳಗೆ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯು ವಿತರಣೆಗೊಂಡಿರುವ ಬಗೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಭ್ರಮಣ ವೇಗಗಳ (ಕೋನೀಯ ವೇಗ ಎಂದೂ ಕರೆಯುವರು) ಗುಣಲಬ್ಧ–ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ನಿಯಮವು ನಮಗೆ ತಿಳಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹೆಚ್ಚು ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದರೆ ಅದು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗುವುದು. ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಸಿಕೊಡುವ ಪ್ರಾತ್ಯಕ್ಷಿಕೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು: http://www.youtube.com/watch?v=eMH07Tghso

ಹಾಗೂ ಉಳಿದ 1% ಮಾತ್ರ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಂಡಿರಬೇಕು. ಈ 1% ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಗ್ರಹಗಳ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಉಪಗ್ರಹಗಳ, ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳ ಮತ್ತು ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ನಾವು ಏನೆಲ್ಲಾ ಕಾಣುವೆವೋ ಅವೆಲ್ಲದರ ಸಂರಚನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ತಟ್ಟೆಗಳಿಂದ ಗ್ರಹಗಳತ್ತ – ನಿರ್ಣಾಯಕವಾದ ಕೆಲವು ದಶಕೋಟಿಗಟ್ಟಲೆ ವರ್ಷಗಳು

ಮರಳಿನ ಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿಸುತ್ತಾ ಭೂಮಿ ಅಥವಾ ಗುರುಗ್ರಹದಷ್ಟು ಗಾತ್ರದ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಗ್ರಹವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತಿರುವಿರಿ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿರಿ. ಇದು ಅರ್ಥಶೂನ್ಯ ಮತ್ತು ಅಸಂಭಾವ್ಯವಾದದ್ದು ಎಂದು ಅನ್ನಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ, ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಆಗಿರಬಹುದಾದದ್ದು ಇದೇ ಎಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ತಿರುಗುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲ ಮತ್ತು ಧೂಳು ಯುವ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಒಂದು ಮಂದಗತಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ. ಆ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಮುಕ್ತಾಯವಾಗಲು ಹಲವು ದಶಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳೇ ಹಿಡಿದಿವೆ. ಈ ವರ್ಷಗಳು ಬಹುಶಃ ಬಹು ಕೌತುಕ ಪೂರ್ಣವಾಗಿಯೇ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ ಘಟನೆಗಳು ವಿಭಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜರುಗಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಮಾರ್ಗಗಳು ಇದ್ದುವಲ್ಲದೆ ಅದರಿಂದ ಗ್ರಹಗಳ ಸಂರಚನೆ ಮತ್ತು ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ದೀರ್ಘಕಾಲಿಕ ಸ್ಥಿರತೆಗಳು ನಿಧಾನಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇತ್ತು.

ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಜರುಗಿದ ಘಟನಾವಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದೆಂದರೆ ತಿರುಗುತ್ತಿರುವ ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿನ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ಮಂದಗತಿಯ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣ, ತತ್ಫಲವಾಗಿ ಕೆಲವು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟು ಗಾತ್ರದ ಸಣ್ಣ ಗಡ್ಡೆಗಳ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ. ಇವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಎದುರುಗೊಂಡಾಗ ಈ ಗಡ್ಡೆಗಳು ಸ್ಥಾಯೀವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ (Electrostatic force) ಯಿಂದಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ಅಂಟಿಕೊಂಡವು (**ಬಾಕ್ಸ್ 3 ನೋಡಿ**). ಗಡ್ಡೆಗಳು ಹಲವು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಗಾತ್ರದ ಶಿಲೆಗಳಾಗಿ ಬೆಳೆದಾಗ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಸಣ್ಣಶಿಲೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಭೌತದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ಕ್ರಮೇಣ ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಬೆಳೆದವು. ಹೀಗೆ ಸಣ್ಣ ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಕಲಿತಗೊಂಡು ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಸಂಚಯನ (accretion) ಎನ್ನುವರು. ನಿಮ್ಮ ಮನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಸಂಚಯನದ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಪೀಠೋಪಕರಣಗಳ ಅಥವಾ ಗೋಡೆಗಳ ಮೂಲೆಗಳನ್ನು, ಅಂಚುಗಳನ್ನು ನಿಯಮಿತವಾಗಿ ಶುದ್ಧಿಗೊಳಿಸದಿದ್ದಾಗ ಈ ಧೂಳು ಅಂತಹ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಚಟುವಟಿಕೆಯ ವಲಯ: ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಸುವ್ಯವಸ್ಥೆ

ಪರಿನಕ್ಷತ್ರೀಯತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಆದ್ಯ ನಕ್ಷತ್ರದ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಒಂದು ನಿಧಾನಗತಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿದ್ದು ಹಲವು ದಶಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಕಾಲವೇ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವೂ, ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವೂ ಎನಿಸುವ ಅಂಶವೆಂದರೆ ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿನ ಅನಿಲದ ತುಂಡುಗಳ ಆಕಾರ ಅಥವಾ ಗಾತ್ರ ಏನೇ ಇರಲಿ, ಅದು ತಂತಾನೆ ಕುಸಿದ ಕೆಲವು ದಶಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ, ಅದು ತನ್ನ ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ತಟ್ಟೆಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲದ ದೊಡ್ಡ ಮುದ್ದೆಯಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ ಇದರ ಹೊಸ ಆಕಾರ. ಇದು ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಸುವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಹೊರಹೊಮ್ಮುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ.

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಘಟನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದರೆ ಈ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಿರಿ. ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಬಣ್ಣದ ಪುಡಿಯನ್ನೋ ಅಥವಾ ಅರಿಶಿನವನ್ನೋ ಹಾಕಿ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕವಾಗಿ ಕಲಕಿ, ಕೆಲವು ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಹಾಗೆಯೇ ಬಿಡಿ. ನೀರನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಲಕಿದರೂ ಪುಡಿಯು ಬಹುತೇಕ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ದಿಕ್ಕಿನ ಮಂದಗತಿಯ ಭ್ರಮಣೆಯಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿ ಚೆಂಡಿನಂತಾಗಿರುತ್ತವೆ. (**ಚಿತ್ರ** 11 ನೋಡಿ) ಇದು ಸಂಚಯನದ – ಅಂದರೆ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿ ಸಣ್ಣ ವಸ್ತುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಕಲಿತಗೊಂಡು ದೊಡ್ಡದಾಗುವುದು – ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ.

ಸಂಚಯನದಿಂದ ರೂಪಗೊಂಡ ಶಿಲೆಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು (ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಗ್ರಹಗಳು) (Planetesimal) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲ. ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಂಡ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ಪೊರೆಯಂತೆ ಅವನ್ನು ಭಾವಿಸಬಹುದಲ್ಲದೆ ಅವು ಕ್ರಮೇಣ ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತಾ ಮುಂದೊಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಗಳಾಗಬಹುದು ಎಂದು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಘನೀಕೃತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ವಿಧವು ಗ್ರಹಪೂರ್ವತಟ್ಟೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಬಹಳವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿತ್ತು. ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯ ಯಾವುದೇ ಭಾಗದ ಉಷ್ಣತೆಯು ಕೇಂದ್ರ ಆದ್ಯ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ತನಗಿರುವ ಅಂತರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿತ್ತು. ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ತಾಪಮಾನವು ಸೂರ್ಯನ ತಾಪದಿಂದಾಗಿ ಅಧಿಕತಮವಾಗಿತ್ತಾದರೂ ಅದು ಗ್ರಹ ಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯ ಮಧ್ಯದಿಂದ ಆರಂಭವಾಗಿ ಅದರ ಅಂಚಿನ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮಂದಗತಿಯಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಬಂದಿತು. (**ಚಿತ್ರ** 12 ನೋಡಿ)

ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಗಳ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸದ ಬಗೆಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಿಮರೇಖೆ (Frost line) ಯ ಬಗೆಗೆ ಮಾತನಾಡುತ್ತಾರೆ. ಬಾಷ್ಪಶೀಲ (Volatile) ಸಂಯುಕ್ತಗಳಾದ ನೀರು ಮುಂತಾದುವುಗಳು ಹಿಮರೇಖೆ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಸೀಮೆಯಿಂದಾಚೆ ಘನರೂಪದಲ್ಲಿರಲು ಸಾಧ್ಯ. ಈ ಹಿಮರೇಖೆಗಿಂತ ಈಚೆಗೆ ಈ ಬಾಷ್ಪಶೀಲ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ತಮ್ಮ ಆವಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯ. ನೀರು ಮತ್ತು ಮಿಥೇನ್ ಹಾಗೂ ಅಮೋನಿಯಾಗಳಂಥ ಜಲಜನಕ ಆಧಾರಿತ ಹಲವು ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಅಂದಾಜು 220K ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ಘನರೂಪದಿಂದ ಆವಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ವಿವಿಧ ಬಾಷ್ಪಶೀಲ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕರಗುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು(Melting point) ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಹಿಮರೇಖೆಯು ಒಂದು ವಲಯವೇ ಹೊರತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೇಖೆಯಲ್ಲ. ಇಂದಿನ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಹಿಮರೇಖೆಯು ಮಂಗಳ ಗ್ರಹ ಮತ್ತು ಗುರುಗ್ರಹಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳ ನಡುವೆ ನೆಲೆಗೊಂಡಿದೆ. ಬಹಳ ಕಾಲದ ಹಿಂದೆ ಸೂರ್ಯನು ಅಷ್ಟೊಂದು ಪ್ರಖರವಾಗಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಹಿಮರೇಖೆಯು ಇನ್ನೂ ಹತ್ತಿರವಿದ್ದಿರಬೇಕು.

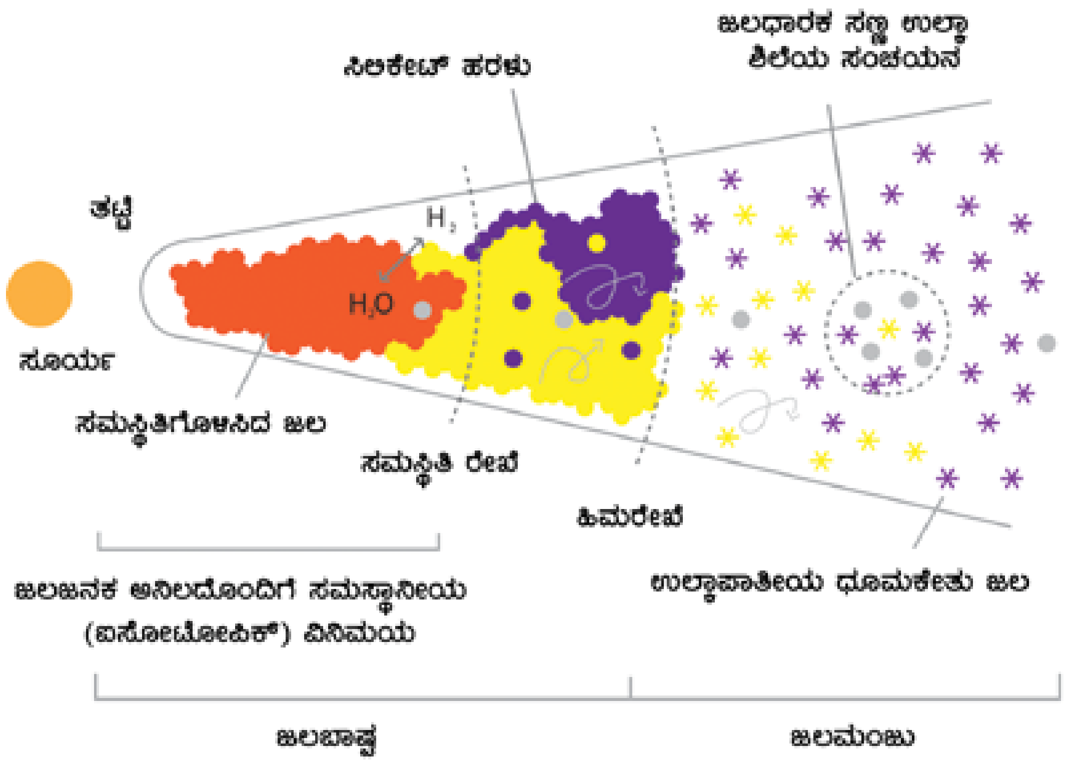
ಚಿತ್ರ 11. ನಮ್ಮ ಮನೆಗಳಲ್ಲಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಧೂಳಿನ ಚೆಂಡುಗಳು (dust bunnies) ಎಂದೂ ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸಂಚಯನದ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ.

ಕೃಪೆ: ಜೆಲ್ಲಾಲುನ URL : https :// www.flickr.com / Photos/90859240@Noo/3920518005.License:CC-BY

ಹಿಮರೇಖೆಯ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಅಧಿಕ ತಾಪಮಾನದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ (500K – 1500K) ಬಾಷ್ಪಶೀಲವಲ್ಲದ ವಸ್ತುಗಳು ಅಂದರೆ ಸಿಲಿಕೇಟ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣ, ನಿಕ್ಕಲ್ ಹಾಗೂ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಲೋಹ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಗಡುಸು ಹರಳುಗಳಾಗಿ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಂಡವು. ಈ ಗಡುಸು ಹರಳುಗಳು ಮೊದಲು ಶಿಲಾಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ಬೆಳೆದು ನಂತರ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಒಳಗಿನ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ರೂಪಗೊಂಡವು (ಅಂದರೆ, ಬುಧ, ಶುಕ್ರ, ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಮಂಗಳ). ಹಿಮರೇಖೆಯಿಂದಾಚೆಗೆ ಜಲಜನಕದ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಹರಳಿನ ರೂಪದ ಮಂಜಾಗಿ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಂಡವು. ಸಿಲಿಕೇಟ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಲೋಹಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹೊರಗಡೆಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದ್ದವು. ಆದರೆ ಜಲಜನಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳಿಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾದವು. ಹೀಗೆ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು ಮೂಲತಃ

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಯಾವ ಬಲವು ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳಿಂದ ಗ್ರಹಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಆರಂಭಗೊಳಿಸಿದ್ದಿರಬಹುದು?

ಸಾಮಾನ್ಯ ಊಹೆ ಎಂದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಸಂರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿತಾದರೂ ಗ್ರಹಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಶುರುಮಾಡಿದ ಮೊದಲ ಹಾಗೂ ಪ್ರಬಲ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಶಕ್ತಿಯೇನೂ ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿನ ಸಣ್ಣ ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಎಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ, ಹಗುರವೂ ಆಗಿದ್ದವೆಂದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ನಗಣ್ಯವೇ. ಉಣ್ಣೆ ಅಥವಾ ಹತ್ತಿಯ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಉಜ್ಜಿದ ಬಲೂನು ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಗೋಡೆಗೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ನೀವು ಎಂದಾದರೂ ನೋಡಿರುವಿರಾ? ಅಥವಾ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಉಜ್ಜಿದ ಸ್ಕೇಲನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಕೂದಲುಗಳ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ತಂದಾಗ ಅವು ಎದ್ದು ನಿಲ್ಲುವುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿದ್ದೀರಾ? ಈ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಆಕರ್ಷಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಅಂದರೆ ಶಕ್ತಿ ಸಂಚಿತ ಕಣಗಳ ನಡುವಣ ಶಕ್ತಿ. ಇದೇ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆ ಯಲ್ಲಿರುವ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಗಡ್ಡೆಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅವು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡದಾಗುವಂತೆ ಪ್ರಚೋದಿಸುವುದು.



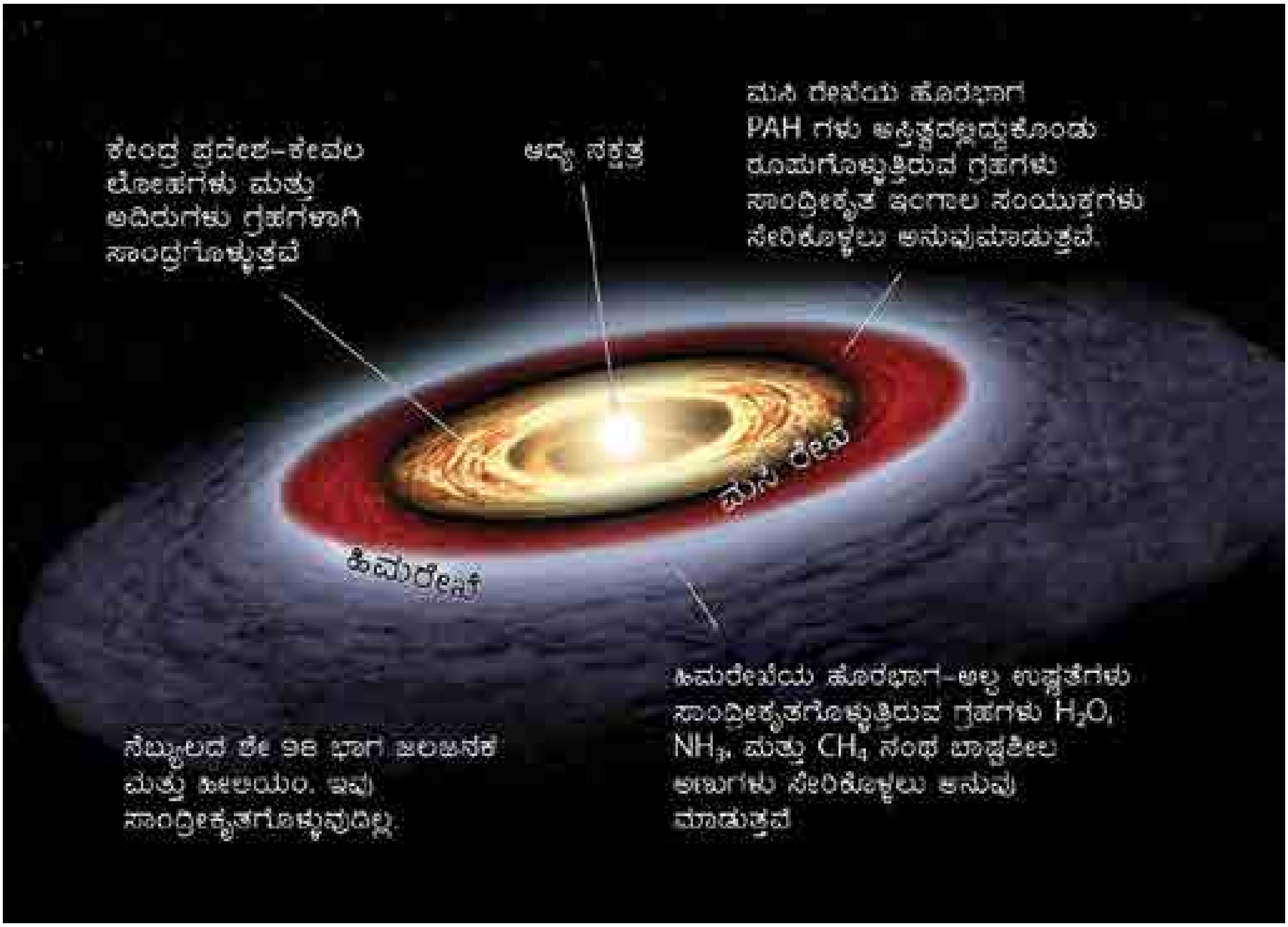
ಚಿತ್ರ 12. ಯಾವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಧಾತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿನ ತಾಪಮಾನಗಳು ನಿರ್ಧರಿಸುವುವು. ಬಹುತೇಕ ಸಂರಚನೆಗೊಂಡ ನವಸೂರ್ಯನ ಸನಿಹದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಅತ್ಯಧಿಕ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನೊಂದಿಗೆ ಭಾರ ಲೋಹಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಹರಳುಗಳು ಘನರೂಪದಲ್ಲಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯಿಂದಾಗಿ ಶೀತಲ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಾಷ್ಪರೂಪವನ್ನು ಪಡೆದವು. ಸೂರ್ಯನಿಂದ ದೂರವಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅವು ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಂಡು ಘನರೂಪ ಪಡೆಯುವುವು. ಸೂರ್ಯನ ವಿಕಿರಣದಿಂದ ಆದ ಒತ್ತಡವು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಬಾಹ್ಯವಲಯಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಬಹುತೇಕ ಮಂಗಳ ಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆಯ ಆಚೆಗೆ ತಳ್ಳಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದವು. ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿನ ಈ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಕಡೆಗೆ ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣುವ ಒಳ ಭೂಸದೃಶಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಹೊರ ಅನಿಲ ದೈತ್ಯಗಳ ನಡುವಣ ವೈವಿಧ್ಯತೆಗೆ ಕಾರಣವಾಯಿತು.

ಸಿಲಿಕೇಟ್ ಹರಳುಗಳು ಹಾಗೂ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ನಾಟಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಲೋಹಗಳ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಜಲಜನಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಮಂಜಿನ ಶಿಲೆಗಳಾಗಿದ್ದವು.

ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರ ಧಾತುಗಳಾದ ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳಾಗಿಯೇ ಉಳಿದವಲ್ಲದೆ ಘನವಸ್ತುವಾಗಿ ಘನೀಭೂತವಾಗದೆಯೇ ಕುಸಿದ ಸೌರನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲೆಡೆ ಚದರಿದವು. ಈ ಅನಿಲಗಳು ನವಜಾತ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಯ ಒಳಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಭಾಗಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯು ನೌಕೆಯ ಹಾಯಿಯನ್ನು ತಳ್ಳುವಂತೆ ನಿಧಾನಗತಿಯಲ್ಲಿ ದೂಡಲ್ಪಟ್ಟವು. ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಉಂಟಾದ ಈ ಒತ್ತಡವನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಿಕಿರಣ ಒತ್ತಡ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹೊರ ವಲಯದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಂಡವು. ಅಲ್ಲಿ ಹಿಮಾವೃತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ಅಪಾರ

	ಉದಾಹರಣೆಗಳು	ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣ ಉಷ್ಣತೆ	ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆಧಿಕ್ಯ (ದ್ರವ್ಯರಾಶಿವಾರು)
ಲೋಹಗಳು	ಕಬ್ಬಿಣ, ನಿಕ್ಕಲ್, ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ	1000-1600 K	0.2 %
ಶಿಲೆ	ವಿವಿಧ ಅದಿರುಗಳು	500-1300 K	0.4 %
ಜಲಜನಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು	ನೀರು (H_2O), ಮೀಥೇನ್ (CH_4), ಅಮೋನಿಯಾ (NH_3)	<150 K	1.4 %
ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲ	ಜಲಜನಕ ಹೀಲಿಯಂ	ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ	98 %

ಚಿತ್ರ 13. ಸೌರನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳು: – ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಧದ ಉದಾಹರಣೆಯೊಂದಿಗೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣ ಉಷ್ಣತೆಯೊಂದಿಗೆ ಸೌರನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿ ದೊರಕುವ ನಾಲ್ಕು ವಿಧದ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳ ಸಾರಾಂಶ. ಚೌಕಗಳು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಧದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಅನುಪಾತವನ್ನು (ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಪ್ರಕಾರ) ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 14. ಆದ್ಯ ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಅದರ ಸುತ್ತ ಇರುವ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಕುರಿತು ಕಲಾಕಾರನ ಕಲ್ಪನೆ.

ಅಧಿಕ ದ್ರವಣ ಬಿಂದುಗಳುಳ್ಳ (Melting point) ಲೋಹಗಳು ಮತ್ತು ಅದಿರುಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಒಳಗೆ ಸಾಂದ್ರೀಕೃತಗೊಂಡು ಭೂಸದೃಶ ಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಾಷ್ಪಗೊಳ್ಳುವ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಹಿಮರೇಖೆಯಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಘನಿಭೂತಗೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಗ್ರಹಪೂರ್ವತಟ್ಟೆಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಇರುವ ತಾಪಮಾನದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದರವು ಭೂಸದೃಶ ಗ್ರಹಗಳ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ದೈತ್ಯಗಳ ವಿಭಿನ್ನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯೋಜನೆಗೆ ಪ್ರಮುಖ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ಕೃಪೆ: © NASA/JPL – Catech

ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡು ಕ್ರಮೇಣ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಾ ಗುರುಗ್ರಹ ಅಥವಾ ಶನಿಗ್ರಹಗಳಂಥ ಅನಿಲ ದೈತ್ಯಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದವು. ಈ ಘಟನಾವಳಿಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಅನಿಲ – ದೈತ್ಯಗಳ ತಿರುಳು ಅತಿಶೀತಲವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ನಾವು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಇದುವರೆಗೆ ಈ ವಾದ ಊಹಾತ್ಮಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿದೆ. ಗಗನ ನೌಕೆಯಿಂದ ಕೈಗೊಂಡ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಗುರು ಅಥವಾ ಶನಿಗ್ರಹಗಳಂಥ ದೊಡ್ಡ ಗ್ರಹಗಳ ಅಂತರ್ಭಾಗವು ಯಾವುದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವುದು ಗ್ರಹ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಕಾರ್ಯವಾಗಿಯೇ ಮುಂದುವರೆದಿದೆ. ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲಗಳ ಕೆಲವು ಭೂಸದೃಶ ಗ್ರಹಗಳಿಂದಲೂ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಅವುಗಳ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ವಾತಾವರಣವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡವು.

ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ಅಂತ್ಯಗೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ಹಲವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು ಹೊಸದಾಗಿ ಸಂರಚನೆಗೊಂಡ ಗ್ರಹಗಳ ನಡುವೆ ಚದುರಿಹೋದವು. ಹೀಗೆ ಉಳಿದುಕೊಂಡ ಶೇಷವಸ್ತುಗಳು ಧೂಮಕೇತುಗಳು ಹಾಗೂ ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟವು. ಅವುಗಳ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ಘಟಕಗಳು ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿದ್ದಂತೆಯೇ ಇದ್ದವು. ಅಂದರೆ ಒಳಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳು ಗಟ್ಟಿಶಿಲೆಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಹೊರ ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಶೀತಲ ನಾಜೂಕಾದ ಧೂಮಕೇತುಗಳಿದ್ದವು. ಶೇಷ ವಸ್ತುಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳು ಗ್ರಹಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು ದೊಡ್ಡ ಗ್ರಹಗಳ ಸನಿಹಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳು ಅವುಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಅನಿಯಂತ್ರಿತವಾಗಿ ತತ್ತರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದ್ದಿರಬೇಕು– ಕವೆಗೋಲಿನಿಂದ ಎಸೆದ ಗೋಲಿಯಂತೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಹಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಎಲ್ಲೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಒಳಕ್ಕೂ ಹೊರಕ್ಕೂ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವಂಥ ಅತಿ ದೀರ್ಘಕಕ್ಷೆಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡವು. ಮತ್ತೊಂದೆಡೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಮಟ್ಟದ ಅಧಿಕತರ ಭೌತದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದ ಗ್ರಹಗಳು

ಇಂತಹ ಸಮಾಗಮದಿಂದ ವಿಚಲಿತವಾಗದೆ ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಂಡವು.

ಬಹುದೂರದ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರ

ಸೌರವ್ಯೂಹ (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹ) ಸಂರಚನೆಯ ಈ ವಿವರಣೆಗೆ **ನೆಬ್ಯೂಲಾದ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Nebular Hypothesis)** ಎನ್ನುವರು. ತರ್ಕವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಸ್ತು ವಿಷಯವನ್ನು ಕುರಿತು ಸೂಚಿಸಿದ ವಿವರಣೆಗೆ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎನ್ನುವರು. ಇದು ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತವಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಇದರ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳನ್ನು ರುಜುವಾತು ಪಡಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ಇದು ಹಾರಿಕೆಯ ಊಹೆಯೂ ಅಲ್ಲ. 18ನೇ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಬಲು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಮಂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇದು ಕಾಲಕಾಲಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಪರಿಷ್ಕೃತಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ಪುನಾರಚನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತಲೇ ಬಂದಿದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವು ಗ್ರಹಸಂರಚನಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಹೊಸ ರೀತಿಯ ಒಳನೋಟಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ನಡೆದಿದೆ.

ಈ ನೆಬ್ಯೂಲಾದ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಷ್ಟು ಅಂಶಗಳು ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರಗಳಿಂದ ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಪ್ರಶ್ನಿಸಬಹುದು. ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿದಂತೆ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟು ನಮಗೆ ನಿಲುಕದ ಗತಕಾಲದ ಒಂದು ಘಟನೆಯಾಗಿದೆ. ಈ ಘಟನೆಯನ್ನು ಕುರಿತು ನೇರ ನಿಲುಕು ನಮಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಸಂರಚನೆಗೆ ಕಾರಣೀಭೂತವಾದ ಶಕ್ತಿಗಳೂ ವಿಶ್ವದ ಬೇರೊಂದು ಕಡೆ ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿರಬಹುದು ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರೆ ಅದು ತರ್ಕ ಸಮ್ಮತವೇ ಆಗಿದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಈ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಇತರ ನವಜಾತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ಕೆಲವು ಗ್ರಹಮಂಡಲಗಳು ರೂಪುಗಳ್ಳುತ್ತಾ ಇರಲೇಬೇಕು! ಆಕಾಶಗಂಗೆಯೊಳಗಿನ ನಕ್ಷತ್ರ ಸಂರಚನಾ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣದ ನೆರವಿನಿಂದ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗ್ರಹಮಂಡಲಗಳ ಉಗಮದ ಹಲವು ನಿದರ್ಶನಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಹಿಂದೆ ವಿವರಿಸಲಾದ (**ಚಿತ್ರ. 4a** ನೋಡಿ) ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲ ಇದರ ಹಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಇದರ ವಿಶಾಲ ಅನಿಲರಾಶಿಗಳ ಒಳಗೆ ಸೇರಿಕೊಂಡಂತೆ ಸಹಸ್ರಾರು ನವಜಾತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿವೆ. ಅಂತರ್ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲ ಮೋಡಗಳಲ್ಲಿನ ಸಾಂದ್ರಚೂರುಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಕುಸಿದು ಅವುಗಳಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಈ ವಾದವನ್ನು ಇಂತಹ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಇಂದು ನಮಗೆ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯೊಳಗೆ ಇಂತಹ ನೂರಾರು ನಕ್ಷತ್ರ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಅಥವಾ ನಕ್ಷತ್ರೀಯ ನರ್ಸರಿಗಳ ಬಗೆಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಲ ನವಜಾತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತ ವಿಸ್ತಾರಗೊಂಡ ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಹಬಲ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್ ತನ್ನ ಅಧಿಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ

ಚಿತ್ರ 15. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿನ ಯುವನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಗ್ರಹ ಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಗಳ ನಾಲ್ಕು ಉದಾಹರಣೆಗಳು: ಪ್ರತಿ ಚಿತ್ರದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಉಜ್ವಲ ವಸ್ತು ಒಂದು ನವಜಾತ ನಕ್ಷತ್ರ (ಪ್ರೊಟೊಸ್ಟಾರ್). ಇದನ್ನು ಸುತ್ತುವರೆದಂತೆ ಚಾಚಿಕೊಂಡಿರುವ ಭೌತದ್ರವ್ಯದ ತಟ್ಟೆಯಿದ್ದು ಕಡೆಗೆ ಇದು ಗ್ರಹಗಳು, ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಧೂಮಕೇತುಗಳ ಉಗಮಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಬಹುದು.
Credits: © STScI / NASA and ESA.

ಚಿತ್ರ 16. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲದಲ್ಲಿನ ನವಜಾತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಿವಿಧ ರೂಪ. ಒರಿಯಾನ್ ನೆಬ್ಯುಲಾದಲ್ಲಿ ಈಗಲೂ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರ ಮತ್ತು ಗ್ರಹ ಸಂರಚನಾ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಹಸ್ರಾರು ಉದಾಹರಣೆಗಳಿವೆ. ಗಮನಿಸಿ ನೋಡಿದಾಗ ಕೆಲವು ಯುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಕಾಣುವಿರಿ.

Credits: © NASA/ESA and L.Ricci (ESO).

ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಿದೆ (**ಚಿತ್ರ 15** ಮತ್ತು **16** ನೋಡಿ). ಈ ಗ್ರಹಪೂರ್ವ ತಟ್ಟೆಗಳು 100 ಅಸ್ಟ್ರನಾಮಿಕಲ್ ಯೂನಿಟ್(AU)ಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಉದ್ದದ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. (ಒಂದು ಅಸ್ಟ್ರನಾಮಿಕಲ್ ಯುನಿಟ್ ಅಥವಾ AU ಅಂದರೆ ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ನಡುವೆ ಇರುವ ದೂರ, ಸರಿಸುಮಾರು 150 ದಶಲಕ್ಷ ಕಿಲೋಮೀಟರ್‌ಗಳು). ಒಂದು ಪಕ್ಷ ಕಾಲವನ್ನು 4–5 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯಲು ನಮಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದ್ದಿದ್ದರೆ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹವು ಕೆಲವು ನೂರು ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರದಿಂದ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದರಂತೆ ತೋರಿಬರುತ್ತಿತ್ತು.

ನೆಬ್ಯೂಲಾದ ಅನುಮಾನಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ತರ್ಕಬದ್ಧಗೊಳಿಸಲು ಮಾಡಬೇಕಾದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು. 1990ರ ದಶಕದಿಂದ ಈಚೆಗೆ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ನಿಯತಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುತ್ತಲೇ ಇದ್ದಾರೆ. ಈ ಸೌರಾತೀತ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು (ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಎಕ್ಸೊಪ್ಲಾನೆಟ್ಸ್) ಹಲವು ವಿವಿಧ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ಈ ತಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಫಲಪ್ರದವಾಗಿರುವ ತಂತ್ರವೆಂದರೆ ತಮ್ಮ ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಗುರು ಮತ್ತು ಶನಿ ಗ್ರಹಗಳಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದು. ಇತ್ತೀಚೆಗಷ್ಟೆ ಈ ತಂತ್ರವು ಸಣ್ಣ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು, ಆದರೂ ಭೂಮಿಯ ಕೆಲವು ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ, ಸಂಕೀರ್ಣತೆಯನ್ನು ತಲುಪಿದೆ. ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇಂತಹ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅತಿಶಯ ಭೂಮಿಗಳು (ಸೂಪರ್ ಅರ್ಥ್ಸ್) ಎನ್ನುವರು. ಸೂರ್ಯನಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಭೌತದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಗ್ರಹದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ನಾವು ಮಾಡಬೇಕಾಗಿದೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಅದು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವ ಉಷ್ಣವು ಜೀವರಾಶಿಗಳು ಬದುಕುವುದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಾಪೇಕ್ಷಿತವಾದ ದ್ರವರೂಪದ ಜಲವು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರಲು ಎಷ್ಟು ಅಂತರವಿರಬೇಕೋ ಅಷ್ಟು ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅದು ಇರಬೇಕು. ಅಂತಹ ಗ್ರಹವೊಂದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಇದ್ದರೆ ಸೌರಾತೀತ ಗ್ರಹ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಆಗುತ್ತಿರುವ ತೀವ್ರಗತಿಯ ವಿಕಾಸದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಕಾಯುವುದು ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲವೇನೋ.

ಹೀಗೆ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹುಟ್ಟಿನ ಬಗೆಗೆ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಉತ್ತಮ ಆಶಾಭಾವನೆ ಕೇವಲ ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಎಲ್ಲೆಯೊಳಗೆ ಇರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ನೆಲೆಗೊಳ್ಳದೆ ನಮ್ಮಿಂದ ಬಹುದೂರವಿರುವ ವಿಶ್ವಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಬಹುದೂರಕ್ಕೆ ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಬೀರುವುದರ ಮೂಲಕ ನಮ್ಮದೇ ಹುಟ್ಟಿನ ಬಗೆಗೆ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವ ಒಂದು ಹಾದಿಯಲ್ಲಿದ್ದೇವೆ.

Note: Credits for the image used in the background of the article title: The new Solar System? The International Astronomical Union/Martin Kornmessernzel, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_new_Solar_System%3F.jpg. License: CC-BY-SA.

ಆಧಾರ ಗ್ರಂಥಗಳು:

1. A Lunar and Planetary Institute designed activity for the classroom to help students understand the sequence of events in the formation of the solar system- http://www.lpi.usra.edu/education/timeline/activity/.
2. A short video that takes one through the formation of the solar system - https://www.stem.org.uk/elibrary/resource/26893.
3. This page from the Big History Project has a wonderful timeline on the formation of the solar system - https://www.bighistoryproject.com/home. Look under the link "Earth &The Solar System".
4. This page from the University of Colorado has several activities, appropriate for students from classes 4 – 8, to help understand the solar system - http://lasp.colorado.edu/education/outerplanets/solsys_planets.php.

ಆನಂದ್ ನಾರಾಯಣನ್ ಇಂಡಿಯನ್ ಇನ್ಸಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಸೈನ್ಸ್ ಆಂಡ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಖಭೌತವಿಜ್ಞಾನ (Astrophysics) ವನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತಾರೆ. ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಬ್ಯಾರಿಯಾನಿಕ್ ದ್ರವ್ಯವು ಆಕಾಶಗಂಗೆಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವಿತರಣೆಗೊಂಡಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕುರಿತದ್ದಾಗಿದೆ. ಅವರು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಮತ್ತು ಸಾರ್ವಜನಿಕ ವಿಸ್ತರಣಾ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಗೆ ನಿಯಮಿತ ಕೊಡುಗೆ ನೀಡುತ್ತಾರೆ. ಅವರು ಪ್ರವಾಸ ಕೈಗೊಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಭಾರತದ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸುವುದರಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ.

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮ: ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನದವರೆಗೆ

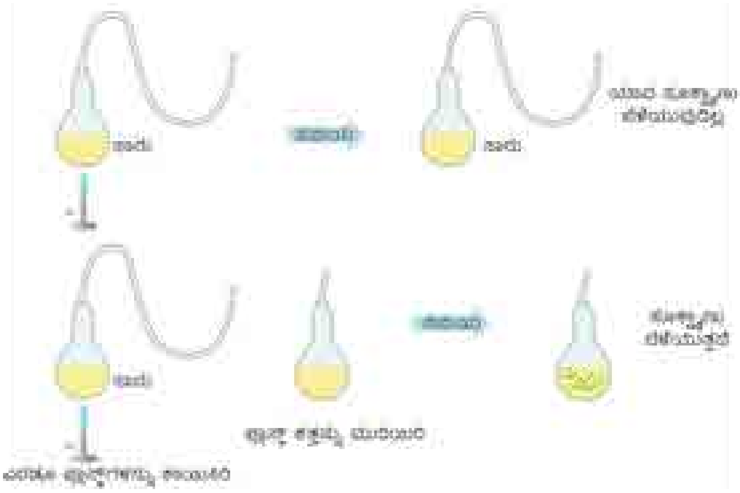
ನೀರಜಾ ವಿ ಬಾಪಟ್, ಚೈತನ್ಯ ವಿ ಮುಂಗಿ ಮತ್ತು ಸುಧಾ ರಾಜಮಣಿ

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮ ಹೇಗಾಯಿತು ಎನ್ನುವುದು ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ಬಗೆಹರಿಸಲಾಗದ ನಿಗೂಢ ರಹಸ್ಯವಾಗಿ ಉಳಿದುಬಿಟ್ಟಿದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಸರಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳು ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರವಾಗಿ ಮೊದಲ ಜೀವಕೋಶವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟಿದ್ದಿರಬಹುದಾದ ಘಟನೆಗಳ ಸರಣಿಯ ಮೇಲೆ ಈ ಲೇಖನವು ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಜೀವೋತ್ಪತ್ತಿಯ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಭೇದಿಸುವಲ್ಲಿ, ಇತ್ತೀಚೆಗಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ರೈಬೋ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್ ಹೇಗೆ ಮಹತ್ವದ ಸುಳಿವಾಗಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನೂ ಈ ಲೇಖನವು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ.

ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮ ಹೇಗೆ ಆಗಿರಬಹುದು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಕುರಿತು ಮಾನವರು ಪುರಾತನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಯೋಚಿಸುತ್ತಲೇ ಬಂದಿದ್ದಾರೆ. ಜೀವಿಗಳು ನಿರ್ಜೀವ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತಾವೇ ತಾವಾಗಿ ಉಗಮವಾಗುತ್ತವೆ. ಜಿಗಟಗಳು ಮತ್ತು ನೊಣದ ಮರಿಗಳು ನಿರ್ಜೀವ ವಸ್ತು (ಮಣ್ಣು) ಅಥವಾ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಕಳೇಬರಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದರಿಂದ ಬಹಳಷ್ಟು ಜನ, ಅವರ ಧಾರ್ಮಿಕ ನಂಬಿಕೆ ಏನೇ ಇದ್ದರೂ, ಇಲ್ಲವೇ ಧಾರ್ಮಿಕ ನಂಬಿಕೆ ಇಲ್ಲದೇ ಇದ್ದರೂ ಮೇಲಿನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿಜವೆಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದರು. ಹಲವಾರು ತತ್ವಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜೀವದ ಉಗಮವು ಪಂಚಭೂತಗಳು, ಜೀವಾಗ್ನಿ(ವೈಟಲ್ ಹೀಟ್) ಮುಂತಾದ ಅನುಮಾನಗಳ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಆದರೆ, 19ನೇ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಲೂಯಿ ಪಾಶ್ಚರ್ (Louis Pasteur) ಕೈಗೊಂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಈ ಎಲ್ಲ ಅವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಆಲೋಚನೆಗಳನ್ನು ಸುಳ್ಳಾಗಿಸಿತು.

ಕಲುಷಿತವಾಗದ ಹೊರತು ನಿರ್ಜೀವ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಜೀವಿಗಳು ಉಗಮವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡಲು ಪಾಶ್ಚರ್ ಮಾಂಸದ ಸಾರು ಮತ್ತು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಹಂಸದ ಕತ್ತಿನ ಆಕಾರದ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದನು (**ಚಿತ್ರ** 1ನ್ನು ನೋಡಿ). ಹಂಸದ ಕತ್ತಿನ ಆಕಾರದ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಾಗಿರುವ ಉದ್ದನೆಯ ಕತ್ತನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಮೂಲಕ ಧೂಳು ಹಾಗು ಬೀಜ ಕಣಗಳು ಫ್ಲಾಸ್ಕ್‌ನೊಳಗೆ ಇರುವ ಸಾರಿಗೆ ಸೇರ್ಪಡೆಗೊಳ್ಳುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ. ಪಾಸ್ಟರ್ ಮಾಂಸದ ಸಾರನ್ನು ಎರಡು ಫ್ಲಾಸ್ಕ್‌ಗಳಲ್ಲಿ – ಉದ್ದನೆಯ ಕತ್ತನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್ ಮತ್ತು ಕತ್ತನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿದ ಇನ್ನೊಂದು ಫ್ಲಾಸ್ಕ್‌ನಲ್ಲಿ – ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕುದಿಸಿ ಶೇಖರಿಸಿಟ್ಟನು. ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಜೀವಿಗಳು ಕತ್ತನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿದ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್‌ನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಂಡುಬಂದವೇ ಹೊರತು ಕತ್ತಿರುವ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್‌ನಲ್ಲಲ್ಲ. ಸಂಕೀರ್ಣ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮವು ಬೇರೊಂದು ಜೀವಿಯಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಆಗಬಲ್ಲದು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಾಬೀತು ಮಾಡಿತು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು *‘ಓಮ್ನೆ ವೈವಮ್ ಎಕ್ಸ್ ವೈವೋ’* ಅಂದರೆ ‘ಜೀವದಿಂದಲೇ ಜೀವದ ಉಗಮ’ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜೀವಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದು ನಿಜ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಇಂದು ನಾವು ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ– ಒಂದು ಜೀವಿಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಜೀವಿಯು ಸಂತಾನಾಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಮೂಲಕ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೃತ ದೇಹದ ಮಾಂಸದಲ್ಲಿರುವ ನೊಣಗಳ ಮೊಟ್ಟೆಗಳಿಂದ ನೊಣದ ಮರಿಗಳು ಹುಟ್ಟುತ್ತವೆ. ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣುಜೀವಿ ಮತ್ತು ಶಿಲೀಂಧ್ರಗಳ ಬೀಜ ಕಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಆ ಜೀವಿಗಳು ಹಳಸಿದ ಆಹಾರ/ಮಾಂಸದ ಸಾರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ. ಸಂಕೀರ್ಣ ಜೀವಿಗಳು ಲೈಂಗಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ



ಚಿತ್ರ 1. ಪಾಶ್ಚರ್‌ನ ಹಂಸ ಕತ್ತಿನ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್ ಪ್ರಯೋಗ: ಕುತ್ತಿಗೆಯು ಸರಿಯಾಗಿರುವ ಫ್ಲಾಸ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣು ರಹಿತ ಮಾಂಸದ ಸಾರಿನಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜೀವಿಗಳು ಬೆಳೆಯಲಾರವು. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ, ಕುತ್ತಿಗೆಯನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿದ ಫ್ಲಾಸ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಸಾರು ಧೂಳು ಹಾಗು ಗಾಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧಿಸುವುದರಿಂದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣು ಜೀವಿಗಳು ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ. study.com ನಿಂದ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ.

ಮುಖಾಂತರ ಸಂತಾನಾಭಿವೃದ್ಧಿ ಮಾಡಿ ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಯನ್ನು ಬೆಳೆಸುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟಾದರೂ, ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಜೀವಿಯ ಉಗಮವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಹೇಗಾಯಿತು ಎನ್ನುವ ಪ್ರಶ್ನೆ ಬೆಂಬಿಡದೇ ಕಾಡುತ್ತದೆ. ಯಾವ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳ ಮಿಶ್ರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು? ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಜೀವಿಗಳು ಶಕ್ತಿಗಾಗಿ ಯಾವ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದ್ದವು? ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮದ ಕುರಿತಾದ ಈ ರೀತಿಯ ಬೆಟ್ಟದಷ್ಟು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಖಚಿತ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದೇ ನಮ್ಮೆದುರಿಗಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲಾಗಿದೆ.

ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮಕ್ಕೆ ದಾರಿ ಮಾಡಿರಬಹುದಾದ ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳಲು ನಾವು ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮೂಲಭೂತ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಘಟಕಗಳಾಗಿ ಮರುಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕು. ಜೀವಕೋಶವನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳ ಮೂಲಭೂತ ಘಟಕ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಜೀವಕೋಶವು ಒಂಟಿಯಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡಾ ಅದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ, ಅಮೀಬಾ, ಪ್ಯಾರಾಮೀಸಿಯಮ್, ಯೀಸ್ಟ್ ಮುಂತಾದ ಏಕಕೋಶ ಜೀವಿಗಳ ಅಧ್ಯಯನವು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಜೀವಿಸಲು, ಸುತ್ತ ಮುತ್ತ ಚಲಿಸಲು, ತನ್ನ ಸುತ್ತಲಿನ ಪರಿಸರದಿಂದ ಆಹಾರವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲು, ಹಾಗೂ ಪುನರುತ್ಪಾದನೆಯ ಮೂಲಕ ತನ್ನಂತಿರುವ ಹಲವಾರು ಕೋಶಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟಿಸಲು ಅಗತ್ಯವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದರಿಂದ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜೀವಕೋಶವನ್ನೂ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾರ್ಖಾನೆ ಎಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಅತ್ಯದ್ಭುತ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಜೀವಕೋಶವು ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳೆಂಬ ಹಲವಾರು ಚಿಕ್ಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಜೀವಕೋಶದೊಳಗೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರೋಟೀನ್ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಜೀವಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಅನುವಂಶಿಕವಸ್ತುವಾದ ಜೀನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಕಗೊಂಡಿರುವ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿ, ಅಮೈನೋ ಆಮ್ಲಗಳನ್ನು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಬೆಸೆಯುವ ಟ್ರಾನ್ಸ್ಲೇಷನ್ ಎನ್ನುವ ಜೀವರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ ಈ ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಜೀವಕೋಶದ ಹಲವಾರು ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಅಗತ್ಯವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಮಾಹಿತಿಯು ಡಿಆಕ್ಸಿರೈಬೋ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್ (DNA) ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಜೀನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ಇದು ಜೀವ ಜಗತ್ತಿಗೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ನೀಲಿ ನಕ್ಷೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ! ಡಿಎನ್‌ಎ ಕೂಡ ತರಹೇವಾರಿ ಕಿಣ್ವಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳಿಂದಲೇ ಉತ್ಪಾದಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಬೇರೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದಾದರೆ, ಡಿಎನ್‌ಎಯಲ್ಲಿರುವ ಮಾಹಿತಿಗಳಿಂದ ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಹಲವಾರು ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳಿಂದಲೇ ಡಿಎನ್‌ಎಯು ತಯಾರಾಗುತ್ತವೆ. ಪರಸ್ಪರ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುವ ಈ ಎರಡು ಜೈವಿಕ ಘಟಕಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಗಾಢ ಸಂಬಂಧವೇ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮದ ಕುರಿತು ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕಿದೆ. "ಮೊಟ್ಟೆ ಮೊದಲೋ? ಕೋಳಿ ಮೊದಲೋ?" ಎಂಬ ದ್ವಂದ್ವದಂತೆ ಈ ಎರಡು ಜೈವಿಕ ಘಟಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಮೊದಲು ಸೃಷ್ಟಿಯಾಯಿತು– ಡಿಎನ್‌ಎ ಅಥವಾ ಪ್ರೋಟೀನ್; ಮಾಹಿತಿಯೋ ಅಥವಾ ಕಾರ್ಯವೋ (ವೇಗವರ್ಧನ ಕ್ರಿಯೆ)?

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಲವಾರು ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಒಂದು ಉತ್ತರದ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡೂ ಜೀವಾಣುಗಳೂ ಮೊದಲು ಉತ್ಪಾದನೆಗೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲ! ಬದಲಾಗಿ, ರೈಬೋನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್ (RNA) ಎಂಬ ಡಿಎನ್‌ಎಯ ಸೋದರ ಸಂಬಂಧಿ ರಾಸಾಯನಿಕವು ಪ್ರಾಯಶಃ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಆವಿರ್ಭವಿಸಿದ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಜೀವ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿರಬಹುದು. ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಒಂದು ಅದ್ವಿತೀಯ ಜೀವಾಣುವಾಗಿದ್ದು, ಅದು ಡಿಎನ್‌ಎಯಂತೆಯೇ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಶೇಖರಿಸಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ವೈರಸ್‌ಗಳು) ಹಾಗೂ ಚಯಾಪಚಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವೇಗವರ್ಧಕವಾಗಿಯೂ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ (ರೈಬೋಝೈಮ್‌ಗಳೆಂಬ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಸಂಯೋಜನೆಗಳು ಕಿಣ್ವಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ). ಈ ರೀತಿ, ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಗೆ ಎರಡೂ ಬಗೆಯ ಜೀವಾಣುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಬಲ್ಲ (ವಿರಳಾತಿವಿರಳ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ) ಕ್ಷಮತೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಬಹುಶಃ ಆದಿ ಜೀವಿಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಯೋಜನೆಯುಳ್ಳ, ಜಾಲದ ರೀತಿ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡು ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುವ (ಚಯಾಪಚಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳಂತೆ) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಅಣುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ, ಜಾಲದ ರೀತಿ ಬೆಸೆದುಕೊಂಡ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಗಳ ವಿಕಾಸವು ನಮಗೀಗ ತಿಳಿದಿರುವ ಸಂಕೀರ್ಣ ಜೀವಜಾಲದ ಉಗಮಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿರಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವದ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಜೀವಿಗಳು ಉದ್ಭವವಾಗುವಂತೆ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಕಣಗಳು ಹೇಗೆ ಜೊತೆಗೂಡಿದವು? ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ ಪರಿಸರದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಯಾವುದಿದ್ದಿರಬಹುದು?

ಹಲವಾರು ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸರಳವಾದ ಏಕಕೋಶ ಜೀವಿಗಳಿಂದ, ಕ್ರಮೇಣ, ನಾವೀಗ ನೋಡುತ್ತಿರುವ, ಜೀವ ಸಂಕುಲದಲ್ಲಿರುವ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಸಂಕೀರ್ಣ ಬಹುಕೋಶ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮವು ಆಯಿತೆನ್ನುವುದನ್ನು ಪಳೆಯುಳಿಕೆಯ ದಾಖಲೆಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿವೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಜೀವಿಗಳು, ಬಹುಶಃ, ಒಂದು ಜೀವಕೋಶಕ್ಕಿಂತಲೂ ಸರಳವಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದೇನೋ ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ನಮಗೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಪತ್ತೆಯಾದ ಗ್ರೀನ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್‌ನ ಕೆಲವು ಶಿಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಅತೀ ಪುರಾತನ ಪಳೆಯುಳಿಕೆಯ ದಾಖಲೆಗಳು, ಸ್ಟ್ರೊಮಾಟೋಲೈಟ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಸರಳವಾದ ಪದರಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿವೆ. ಸಯನೋಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳಂತಹ ವಿವಿಧ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣು ಜೀವಿಗಳ ಕಾರ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಸ್ಟ್ರೊಮಾಟೋಲೈಟ್ಸ್‌ಗಳು ಕವಲೊಡೆದಂತೆಯೋ ಅಥವಾ ಶಂಕುವಿನಂತೆಯೋ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಆಕಾರಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಈ ಆಕೃತಿಗಳು ಸುಮಾರು 3.7 ಶತಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಹಳೆಯವು. ಈ ಕಾಲಮಾನಕ್ಕೂ ಮುಂಚೆ ಜೀವಿಸಿದ್ದ ಜೀವಕೋಶದ ತರಹದ ಜೀವಿಗಳು ಬಹುಶಃ ಇವುಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಸರಳವಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯ ಹಳೆಯ ಸಂರಚನೆಗಳನ್ನು "ಪ್ರೋಟೋಸೆಲ್"ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯಾಶನಲ್ ಏರೋನಾಟಿಕ್ಸ್ ಎಂಡ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಅಡ್ಮಿನಿಸ್ಟ್ರೇಶನ್ (NASA– ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವೈಮಾನಿಕ ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣಾ ಸಂಸ್ಥೆ) ಪ್ರೋಟೋಸೆಲ್‌ಗಳನ್ನು "ಬೆಳವಣಿಗೆ, ಪ್ರಜನನ ಹಾಗು ಡಾರ್ವಿನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಂತೆ ವಿಕಸನದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ, ಪೊರೆಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ಅನುವಂಶಿಕ ವಸ್ತು" ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಪ್ರೋಟೋಸೆಲ್‌ಗಳನ್ನು– ಒಳಗೆ ಪ್ರೋಟೀನ್ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆಮ್ಲದಂತಹ ಒಂದು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯ ಆಣ್ವಿಕ ಯಂತ್ರ, ಹೊರಗೆ ಅದನ್ನು ಆವರಿಸುವ ಒಂದು ಪೊರೆ– ಹೀಗೆ ಎರಡು ಘಟಕಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ರೀತಿ ಕೇವಲ ಎರಡೇ ಘಟಕಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಪ್ರೋಟೋಸೆಲ್‌ಗಳಿಗೆ ಕ್ರಮೇಣ ಸಂಕೀರ್ಣ ಜೀವಿಗಳಾಗಿ ವಿಕಾಸವಾಗುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ನೀಡಿರಬಹುದು.

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಆ್ಯಂಫಿಫೈಲ್ಸ್

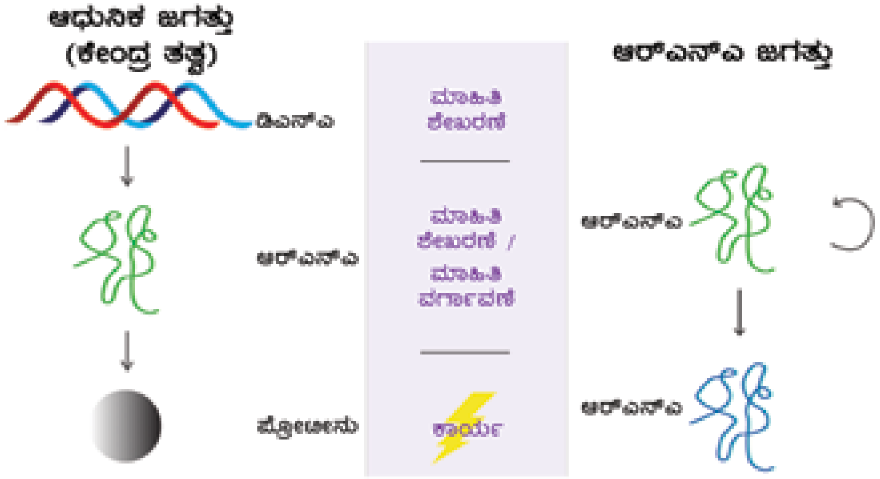
ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ 'ಆ್ಯಂಫಿ' ಅಂದರೆ ಎರಡು, 'ಫಿಲಿಯಾ' ಎಂದರೆ ಒಲವು ಎಂದರ್ಥ. ಆ್ಯಂಫಿಫೈಲ್‌ಗಳು ನೀರಿನೊಟ್ಟಿಗೆ ಬೆರೆಯಬಲ್ಲ (ಧ್ರುವೀಯ ಜಲ ಸ್ನೇಹಿ) ಮತ್ತು ನೀರಿನೊಂದಿಗೆ ಬೆರೆಯದ (ಅಧ್ರುವೀಯ ಜಲಭೀತ) ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಆ್ಯಂಫಿಫಿಲಿಕ್ ಕಣಗಳು ನೀರಿನೊಂದಿಗೆ ಬೆರೆಯದ ಅಧ್ರುವೀಯ ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ನೀರಿನಿಂದ ದೂರವಿಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಆಕಾರವನ್ನು ತಳೆಯುತ್ತವೆ. ಸಾಬೂನುಗಳು, ಮಾರ್ಜಕಗಳು, ಬೆಣ್ಣೆ ಹಾಗು ಎಣ್ಣೆ ಇತ್ಯಾದಿಗಳು ನಾವು ನಮ್ಮ ದೈನಂದಿನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಕೆಲ ಆ್ಯಂಫಿಫೈಲ್‌ಗಳಿಗೆ ಉದಾಹರಣೆಗಳು.

ಎಲ್ಲಾ ಆಧುನಿಕ ಜೀವಕೋಶಗಳೂ ಪೊರೆಗಳಿಂದ ಆವೃತಗೊಂಡಿವೆ. ಈ ಕೋಶಪೊರೆಯು ಹಲವಾರು ಅಣುಗಳು ಕೋಶದ ಒಳಗೆ–ಹೊರಗೆ ಹಾಗು ಚಯಾಪಚಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಜಾಲವನ್ನು ಮತ್ತು ಆನುವಂಶಿಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ಪರಿಸರದಿಂದ ರಕ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಜೀವಕೋಶದ ಈ ಹೊರಭಿತ್ತಿಯ ಸಂಯೋಜನೆ ಒಂದು ಜೀವಕೋಶದಿಂದ ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕೆ ಬದಲಾದರೂ ಬಹುತೇಕ ಅವು ಸಂಕೀರ್ಣ ಮೇದಸ್ಸುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ, ಸಂಕೀರ್ಣ ಮೇದಸ್ಸುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಿಸಿಕೊಡು ಬರಲು, ಸಮಗ್ರತೆ ಕಾಯ್ದುಕೊಳ್ಳಲು) ಆಧುನಿಕ ಜೀವಕೋಶಗಳು ಬಳಸುವ ಹಲವಾರು ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯಶಃ ಪ್ರೋಟೋಸೆಲ್‌ಗಳು ಹೊಂದಿರದೇ ಇದ್ದ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳಿವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಕವಚದಂತೆ ಆವರಿಸಿಕೊಂಡ ಅವುಗಳ ಪೊರೆಯು ಕೊಬ್ಬಿನ ಆಮ್ಲಗಳಂತಹ ಸರಳ ಆ್ಯಂಫಿಫಿಲಿಕ್ (ನೀರು ಮತ್ತು ಕೊಬ್ಬುಗಳೆರಡಲ್ಲೂ ಕರಗುವ) ಅಣುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಿರಬಹುದು (**ಬಾಕ್ಸ್** 1 ನ್ನು ನೋಡಿ). ಸರಳ ಮತ್ತು ಸಂಕೀರ್ಣ ಆ್ಯಂಫಿಫಿಲಿಕ್ ಅಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಜೋಡಣೆಗೊಂಡು ಪೊರೆಯಂತಹ ರಚನೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು; ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೇ, ಕೆಲವೊಂದು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ವಿಭಜನೆಗೊಂಡು ಅವುಗಳಂತಹದ್ದೇ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಪುನಃ ಸೃಷ್ಟಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದನ್ನು ಹಲವಾರು ಅಧ್ಯಯನಗಳು ಸಾಬೀತುಪಡಿಸಿವೆ. ಇನ್ನು ಕೆಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಕುತೂಹಲಕಾರೀ ಅಣುಗಳು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳನ್ನು ವೆಸಿಕಲ್‌ಗಳೆಂಬ ಚೀಲದಂತಹ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಆವರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಜೀವಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಆನುವಂಶಿಕ ವಸ್ತುವಿನ ರಕ್ಷಣೆಯೇ ಆವರಿಸಿಕೊಂಡ ಇಂತಹ ಪೊರೆಗಳ ಮೂಲ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ, ಆಧುನಿಕ ಕೋಶಪೊರೆಯಂತೆಯೇ, ಕೊಬ್ಬಿನ ಆಮ್ಲಗಳಿಂದ ರಚಿತಗೊಂಡ ಪೊರೆಗಳೂ ತಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳ ಹೀರುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಪರ್ಧಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದು ಸಾಬೀತಾಗಿದೆ. ಇದು ಜೀವ ವಿಕಾಸಕ್ಕೆ ನಿರ್ಣಾಯಕವಾಗಿರುವ ಗುಣಲಕ್ಷಣ.

ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ, ಪ್ರಾಚೀನ ಆನುವಂಶಿಕ ವಸ್ತುಗಳು ಪ್ರೋಟೀನುಗಳ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೇ ತಮ್ಮಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಸಂಕೇತ ರೂಪದ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಗೆ ದಾಟಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದವೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿದೆ. ಕಳೆದ ಹಲವಾರು ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಜೀವೋತ್ಪತ್ತಿನ್ನಕ್ಕೂ ಮುಂಚಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ನಡೆದ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿಚ್ಚಳವಾಗಿ ಸಾಬೀತಾಗಿವೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 2**ನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ). ಯೂರಿಯಾದಂತಹ ಸಾವಯವ ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಅಮೋನಿಯಮ್ ಸೈನೇಟ್‌ಗಳೆಂಬ ನಿರವಯವ ಘಟಕಗಳ ವರ್ತಿಸುವಿಕೆಯಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು ಎಂಬುವುದನ್ನು ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಫ್ರೀಡ್ರಿಕ್ ವೂಲರ್ (Friedrich Wöhler) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದರೂ ಸಹ ಯೂರಿ– ಮಿಲ್ಲರ್ (Urey-Miller)ರವರ ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಪ್ರಯೋಗವು ಜೀವೋತ್ಪತ್ತಿನ್ನಕ್ಕೂ ಮುಂಚಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಭದ್ರ ಬುನಾದಿಯನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಟ್ಟಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ನೀರು, ಮೀಥೇನ್, ಅಮೋನಿಯಾ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕದಂತಹ ಸರಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಅಮೈನೋ ಆಮ್ಲಗಳು ಪುರಾತನ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹೋಲುವ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ತಾವಾಗೇ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಾವಿರದ ಒಂಭೈನೂರ ಐವತ್ತರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಜೀವರಸಾಯನ

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಸ್ಟ್ಯಾನ್ಲೀ ಮಿಲ್ಲರ್ (Stanley Miller) ಹಾಗು ಹೆರೋಲ್ಡ್ ಯೂರಿ (Herold Urey) ಇವರು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು.

ಕಳೆದ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಜೀವ ಉಗಮದ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಯನ್ನೇ ಪ್ರಥಮ ಆನುವಂಶಿಕ ದ್ರವ್ಯವನ್ನಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ (**ಚಿತ್ರ 2**ನ್ನು ನೋಡಿರಿ). ಜೀವಂತ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಯ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಈ ವಾದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಹಿಂದೆ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಯು ಕೇವಲ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಅಡಕ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ ಆಧುನಿಕ ಜೀವಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ವೇಗವರ್ಧಕದ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಜೀವಕೋಶವೆಂಬ ಪ್ರೋಟೀನ್ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಕಾರ್ಖಾನೆಯಲ್ಲಿ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಯು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವುದರಿಂದ "ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಜಗತ್ತು" ಎಂದೇ ಖ್ಯಾತವಾಗಿದ್ದ ಪರಿಸರವೊಂದು ಆದಿ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮದಲ್ಲಿ ಪೃಥ್ವಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿರಬಹುದು ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಬಲವಾದ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಜೈವಿಕ ಕಿಣ್ವಗಳ (ಪ್ರೋಟೀನ್ ಕಣಗಳಿಂದಾದ) ಅನುಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳನ್ನಷ್ಟೇ



ಚಿತ್ರ 2. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವಿಗಳ ಉಗಮದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯಶಃ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಜಗತ್ತು ಇದ್ದಿರಬಹುದು. ಈ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಯು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಹೊತ್ತ ಕಣವಾಗಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ ವೇಗವರ್ಧಕದ ರೀತಿಯೂ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಿದ್ದಿರಬಹುದು ಎಂದು ನಂಬಲಾಗಿದೆ.

ಒಳಗೊಂಡ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿಯೂ ರೈಬೋ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯೋಟೈಡುಗಳು ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳಾಗಿ ಸ್ವಯಂ ಜೋಡಣೆಗೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ, ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಗಳು ವಿಕಾಸಗೊಂಡು ಕಿಣ್ವಗಳಾಗಿಯೂ (ರೈಬೋಝೈಮ್‌ಗಳು) ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲವು ಎನ್ನುವುದನ್ನೂ ಅವರು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಕೊಡುವಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಈಗ ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಹಾಗು ಅದೇ ತರಹದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್‌ಗಳ ನಕಲಿನ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಆಧುನಿಕ ಜೀವಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್‌ಗಳ ನಕಲಿಗೆ ಹಲವಾರು ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳು ನಿಯಂತ್ರಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದೇ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೇವಲ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸುವುದು ಸುಲಭದ ಕೆಲಸವೇನಲ್ಲ!

ಕೃತಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಿರುವ ಆದಿ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ, ಕಿಣ್ವಗಳ ಅನುಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಕ್ ಆ್ಯಸಿಡ್‌ಗಳ ಉಗಮ ಮತ್ತು ಅದರ ನಕಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ನಾವು ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಕೊಬ್ಬು, ಮಣ್ಣಿನ ಕಣಗಳು ಹಾಗು ಇತರ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಜೈವಿಕ ಪೂರ್ವ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳು ಅವುಗಳ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಹೇಗೆ ಉತ್ಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳಲು ನಾವು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಆರ್‌ಎನ್‌ಎ ಜಗತ್ತೆಂದೇ ಖ್ಯಾತವಾದ ಕಿಣ್ವ ರಹಿತ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಅಣುಗಳ ನಕಲಿನ ಗತಿ ಮತ್ತು ನಿಖರತೆಯನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳಲೂ ನಾವು ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಆದಿಕೋಶಗಳ ಉಗಮ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸ ಹೇಗಾಯಿತು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅರಿಯುವುದೇ ನಮ್ಮ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಮೂಲ ಉದ್ದೇಶ.

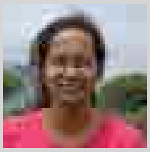
ಸರಳವಾಗಿದ್ದ ಆದಿ ಜೀವಕೋಶಗಳ ಉಗಮವೇ ಪ್ರಾಚೀನ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ರಾಸಾಯನಿಕ ಜಗತ್ತಿನಿಂದ ಜೀವ ಜಗತ್ತು ರೂಪುಗೊಳ್ಳಲು ನಾಂದಿ ಹಾಡಿದ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ದಟ್ಟವಾಗಿವೆ ಎನ್ನುವುದು ಒಟ್ಟಿನ ಸಾರಾಂಶ. ಆದರೆ, ಇದನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಹಲವಾರು ಬಹುಮುಖ್ಯ ಸವಾಲುಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ಹುಡುಕುವ ಕೆಲಸ ಹಾಗೇ ಉಳಿದಿವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವುದು ಆರ್‌ಎನ್‌ಎಯ (ಅಥವಾ ಅದರ ರೀತಿಯ) ಬಹು ಹಂತದ ಸ್ವ-ಪುನರುತ್ಪಾದನಾ ಕಾರ್ಯದ ನಿರೂಪಣೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸುವುದೇ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಅಣುಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಕನಸಾಗಿದೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ, ಸ್ವ-ಪೋಷಣೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಪ್ರೋಟೋಸೆಲ್ ತರಹದ ರಚನೆಗಳು ಜೈವಿಕವಾಗಿ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಬಲ್ಲವು ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವುದೂ

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಜೈವಿಕಪೂರ್ವ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ

ಹೆಸರೇ ಸೂಚಿಸುವಂತೆ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವದ ಉಗಮಕ್ಕೂ ಮುಂಚೆ ನಡೆದಿರಬಹುದಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದೇ ಜೈವಿಕಪೂರ್ವ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ. ಜೈವಿಕ ಮೋನೋಮರ್‌ಗಳ ಹುಟ್ಟು, ಈ ಮೋನೋಮರ್‌ಗಳಿಂದ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳ ರಚನೆ, ಹಾಗು ಅಂತಿಮವಾಗಿ, ಜೀವದ ಉದ್ಭವಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳು ತಳೆದ ರೂಪವನ್ನು ಕುರಿತು ಈ ವಿಜ್ಞಾನವು ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಜೈವಿಕಪೂರ್ವ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನವು ಅತ್ಯಂತ ಅಂತರ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಅಧ್ಯಯನವಾಗಿದ್ದು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ, ಭೂಗರ್ಭ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಅಧ್ಯಯನ, ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದಂತಹ ಹಲವಾರು ವಿಷಯಗಳಿಂದ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಹಾಗೂ ಆಕರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

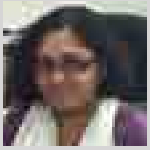
ಮತ್ತೊಂದು ಸವಾಲು. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಪ್ರನಾಳಗಳಲ್ಲಿ ಕೃತಕ ಜೀವಕೋಶಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವ ಹೊಂಗನಸನ್ನು ನನಸಾಗಿಸುವ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಾವು ಇನ್ನಷ್ಟು ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಬೇಕಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಲ್ಲ ಕೆಲಸ; ಇದನ್ನೊಮ್ಮೆ ಸಾಧಿಸಿಬಿಟ್ಟರೆ, ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ತಿಳಿ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದಲ್ಲಿ ಕಂಗೊಳಿಸುತ್ತಿರುವ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಜೀವಿಗಳು ಹೇಗೆ ಉಗಮಗೊಂಡವು ಎಂಬುದನ್ನು ಕುರಿತ ಹಲವಾರು ಕಾಡುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ಸಿಕ್ಕಿಬಿಡುತ್ತದೆ.

ಸೂಚನೆ: ಈ ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಾಗಿ ಬಳಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: ಕ್ಲಾಸ್ I ಲೈಗೇಸ್ ರೈಬೋಜೈಮ್, ಡೇವಿಡ್ ಶೆಕ್ನರ್ (David Shechner) ವಿಕಿಮೀಡಿಯಾ ಕಾಮನ್ಸ್. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Class_I_Ligase_Rhibozyme.jpg. License: CC-BY-SA.



ನೀರಜಾ ಬಾಪಟ್ ಜೈವಿಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪದವಿ ಮತ್ತು ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿ, ನಂತರ ಜೈವಿಕಪೂರ್ವ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಡಾಕ್ಟರೇಟ್ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾಗಿ ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನಾ ಸಂಸ್ಥೆ (IISER/), ಪುಣೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಆರ್ಎನ್ಎ ಜಗತ್ತಿನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ನಂಬಿರುವಂತೆ, ಕಿಣ್ವ-ರಹಿತ ಮಾಹಿತಿಯ ಹರಿವಿನ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಹ-ದ್ರವ್ಯಗಳ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ಗುಂಪಾಗುವಿಕೆಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಅವರು ಅಭ್ಯಸಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: niraja.bapat@students.iiserpune.ac.in

ಚೈತನ್ಯ ಮುಂಗಿ ಮುಂಬೈಯ ಜೈಹಿಂದ್ ಕಾಲೇಜಿನಲ್ಲಿ ಜೈವಿಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪದವಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿದ ಮೇಲೆ 2011ರಲ್ಲಿ IISER, ಪುಣೆಯಲ್ಲಿ ಇಂಟಿಗ್ರೇಟೆಡ್ ಪಿಎಚ್.ಡಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾಗಿ ಸೇರಿಕೊಂಡರು. ಆದಿ ಭೂಮಿಯ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಪಾಲಿಮರ್‌ಗಳ ಸೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿರಬಹುದಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಕೇಂದ್ರಬಿಂದು. ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಜನಪ್ರಿಯಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಜನರೆಡೆಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವಲ್ಲಿಯೂ ಚೈತನ್ಯ ಆಸಕ್ತರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: cvmungi@students.iiserpune.ac.in



ಸುಧಾ ರಾಜಮಣಿ IISER, ಪುಣೆಯಲ್ಲಿ ಸಹಾಯಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಇವರು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಜೀವದ ಉಗಮ (ಕೆಮಿಕಲ್ ಒರಿಜಿನ್ಸ್ ಆಫ್ ಲೈಫ್ ಅಥವಾ COoL) ಎಂಬ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಮುಖ್ಯಸ್ಥೆಯಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಜೈವಿಕಪೂರ್ವ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಜೀವದ ಉಗಮ ಹಾಗು ವಿಕಾಸದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿದ್ದಿರಬಹುದಾದ ಘಟನಾವಳಿಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವರ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ.

ಅನುವಾದ: ಮನೋಜ್ ಗೋಡ್ಬೋಲೆ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಸ್ಮಿತಾ

ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಏಷಿಯಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ 26ನೇ ದ್ವೈವಾರ್ಷಿಕ ಸಮ್ಮೇಳನ ವರದಿ

(ದಿ ಏಷಿಯನ್ ಅಸೋಸಿಯೇಷನ್ ಆಫ್ ಬಯಾಲಜಿ ಎಜುಕೇಶನ್)

ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್ ಮತ್ತು ಗೀತಾ ಅಯ್ಯರ್

ಸೆಪ್ಟಂಬರ್, 2016, 20-23ನೇ ದಿನಾಂಕಗಳಂದು ಏರ್ಪಡಿಸಿದ್ದ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಏಷಿಯಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ (ದಿ ಏಷ್ಯನ್ ಅಸೋಸಿಯೇಷನ್ ಆಫ್ ಬಯಾಲಜಿ ಎಜುಕೇಷನ್) 26ನೇ ದ್ವೈವಾರ್ಷಿಕ ಸಮ್ಮೇಳನವು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಸ್ತುತ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳ ಆಚರಣೆಗಳು ಮತ್ತು ಸವಾಲುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧಕರ ನಡುವೆ ಸಂವಹನವನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುವುದರ ಮೇಲೆ ತನ್ನ ಗಮನವನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿತು. ಪ್ರಸ್ತುತ ವರದಿಯು ಈ ಸಮ್ಮೇಳನದ ಕೆಲವು ಪ್ರಧಾನ ಅಂಶಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ಶಿಕ್ಷಕರ ಸಮುದಾಯವು ಒಂದು ಜಾಲವಾಗಿ ಒಂದುಗೂಡಿದರೆ ಅದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಅನುಕೂಲಕರವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವ ಒಟ್ಟು ಅಭಿಪ್ರಾಯದಿಂದ ಪ್ರೇರಿತವಾಗಿ ಫಿಲಿಫೈನ್ಸ್ ದೇಶದ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರ ಒಂದು ಗುಂಪು 1966 ರಲ್ಲಿ ಏಷ್ಯನ್ ಅಸೋಸಿಯೇಷನ್ ಆಫ್ ಬಯಾಲಜಿ ಎಜುಕೇಷನ್ (ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಏಷಿಯಾ ಸಂಸ್ಥೆ) ಎಂಬ ಲಾಭ ನಿರೀಕ್ಷೆಯಿಲ್ಲದ ಸಂಘವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭ ಮಾಡಿತು. ಇಂದು AABE (Asian Association of Biology Education) ಏಷಿಯಾ ಖಂಡದ 16 ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಸದಸ್ಯರುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಸಂಘದ ಭಾರತದ ವಿಭಾಗದ 'ಆರಂಭಿಕ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವೂ ಆಗಿದ್ದ ದ್ವೈವಾರ್ಷಿಕ 26ನೇ ಸಮ್ಮೇಳನವು 2016ರ ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ್ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಗೋವಾದಲ್ಲಿ ಜರುಗಿತು. ಈ ವರ್ಷದ ಸಮ್ಮೇಳನದ ಪ್ರಧಾನ ವಿಷಯ – ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನೆಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳು – ಆಚರಣೆಗಳು ಮತ್ತು ಸವಾಲುಗಳು' ಎಂಬುದಾಗಿತ್ತು. ಈ ಸಮ್ಮೇಳನವನ್ನು ಗೋವಾದ ಮುಖ್ಯಮಂತ್ರಿ ಲಕ್ಷ್ಮೀಕಾಂತ ಪರ್ಸೇಕರ್ ಉದ್ಘಾಟಿಸಿದರು. ಅವರು ಶಿಕ್ಷಕರ ಪಾತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ತಮ್ಮದೇ ಜೀವನದ ಅನುಭವಗಳ ಉಲ್ಲೇಖದೊಂದಿಗೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಆದರೆ ಸೂಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಭಾಷಣ ಮಾಡಿದರು.

ನವದೆಹಲಿಯ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಇಮ್ಯೂನಾಲಜಿಯ (ಪ್ರತಿರೋಧಕ ವಿಜ್ಞಾನ) ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಅಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಸತ್ಯಜಿತ್ ರಥ್‌ರವರು

AABEಯ ಉದ್ದೇಶಗಳು.

- ಏಷ್ಯಾ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುವುದು.
- ಏಷ್ಯಾ ದೇಶಗಳ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ನಿಯಮಿತ ಕಾಲಾವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡಿಸುವ ಸಮ್ಮೇಳನಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದುಗೂಡಿಸುವುದು.
- ಬೋಧನ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು, ನಿಯತಕಾಲಿಕೆಗಳನ್ನು (ಜರ್ನಲ್ಸ್) ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನಾ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಜೈವಿಕವಿಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಿಣಿತರನ್ನು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದು ಏಜೆನ್ಸಿಯನ್ನು ಏಷ್ಯಾದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಈ ಏಜೆನ್ಸಿ ಮತ್ತು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿವಿಧ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿರುವ ಏಜೆನ್ಸಿಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಸಂಪರ್ಕ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ತೆರೆಯುವುದು.
- ಏಷ್ಯಾದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ದೇಶದಲ್ಲೂ ಜೈವಿಕವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಬೋಧನಾ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನು ತೆರೆಯಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುವುದು.

ಚಿತ್ರ 1. ಸತ್ಯಜಿತ್ ರಥ್, ದಿ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಇನ್ಸ್ ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಇಮ್ಯುನಾಲಜಿ, ನವದೆಹಲಿ, ಯವರು AABE ಸಮ್ಮೇಳನದಲ್ಲಿ ಮಾತಾಡುತ್ತಿರುವುದು.
ಕೃಪೆ: ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್. License: CC-BY-NC.

"ಈ ಸಮ್ಮೇಳನ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ನನಗೆ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಶಿಕ್ಷಣದ ಪ್ರಸ್ತುತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ"

– ಸಮ್ಮೇಳನಾರ್ಥಿಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯ

ಸಮ್ಮೇಳನದ ಪ್ರಧಾನ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ತವಾಗಿದ್ದ ಭಾಷಣವನ್ನು ಮಾಡಿದರು. ತಾವೇ ಪ್ರತಿರೋಧಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಣಿತ (ಇಮ್ಯುನಾಲಜಿಸ್ಟ್) ರಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವರು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಪ್ರಸ್ತುತ ಆಚರಣೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಾ, ಅವರು ಉದಾಹರಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸ್ತುತ ಆಚರಣೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಚಿಂತೆಗೀಡುಮಾಡುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳಿಂದ ಕಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿರುವ ಗಮನಾರ್ಹ ಮಿತಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಗಮನ ಸೆಳೆದರು. ಪ್ರತಿರೋಧಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಣಿತರಾದ ಅವರು ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಪ್ರಸ್ತುತ ಆಚರಣೆಗಳು ರೋಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸೀಮಿತಗೊಂಡಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರು. ಆದರೆ ಈ ಆಚರಣೆಗಳು ರೋಗಗಳಿಂದ ಆಚೆಗೂ ಹೋಗಬೇಕೆಂದು, ಅವು ಆರೋಗ್ಯ ಮತ್ತು ಸಮಾಜದ ಮೇಲೆ ಅದು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದು ಹೇಳಿದರು. ಇತರ ಅನೇಕ ಪಠ್ಯ ವಿಷಯಗಳಂತೆಯೇ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಕಲಿಕೆ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಕೂಡ ತಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ಆರೋಗ್ಯವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿಲ್ಲದೆ, ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೇರ್ಗಡೆ ಹೊಂದುವುದರ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದಿದರೆ ಮತ್ತು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಪಠ್ಯವಸ್ತು ತನ್ನ ಸಂಕುಚಿತ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ 'ಶುಚಿತ್ವ', ವಿಸ್ತೃತ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ 'ಆರೋಗ್ಯ' ದ ಕಡೆಗೆ ತನ್ನ ಗಮನ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದರೆ ಮತ್ತು ಜನರ ಆರೋಗ್ಯ ಮತ್ತು ಆ ಜನರು ಸೇರಿರುವ ಸಮುದಾಯಗಳ ಆರೋಗ್ಯದ ನಡುವಣ ಸಂಪರ್ಕದ ಬಗ್ಗೆ ಬೆಳಕು ಬೀರಿದರೆ ಈ ಬದಲಾವಣೆ ಆಗುವುದೋ ಏನೋ ಎಂದು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ರಥ್‌ರವರು ಕಾಳಜಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತ ಹೇಳಿದರು.

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅತಿಯಾದ ಮಾಹಿತಿ ಹೇರುವ, ಉದ್ಯೋಗಾನ್ವೇಶಿ ಶಿಕ್ಷಣದ ಬದಲಾಗಿ, ಅವರನ್ನು ಸ್ವಂತ ಆಲೋಚನೆಗೆ ತೊಡಗಿಸುವಂತಹ ತಿಳುವಳಿಕೆ ನೀಡುವ ಸಮರ್ಥ ನಾಗರಿಕರನ್ನಾಗಿ ರೂಪಿಸುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಗಮನ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವಂತೆ ಶಿಕ್ಷಣದ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೇ? ಎಂದು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ರಥ್ ಪ್ರಶ್ನಿಸಿದರು.

ಬೆಂಗಳೂರಿನ ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆಯ (Indian Institute of science) ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ರೋಹಿಣಿ ಬಾಲಕೃಷ್ಣರವರು ಸಮ್ಮೇಳನದ ಅಭ್ಯರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಬೋಧಾತ್ಮಕ (ಜ್ಞಾನಾತ್ಮಕ) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ ಕೊಂಡೊಯ್ದರು. ಪ್ರಾಕೃತಿಕ

ಕೆಲವು ಉತ್ಸಾಹಿ ಮತ್ತು ಬದ್ಧತೆಯುಳ್ಳ ಶಾಲಾ ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ಭೇಟಿ ಮಾಡಲು ನನಗೆ ಆನಂದವಾಗುತ್ತಿದೆ ಮತ್ತು ಸುಖದ ಅನುಭವವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಶ್ರೀ ರಾಜೇಶ್ ಪಾಟೀಲರ ಹೆಸರನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಲು ನಾನು ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತೇನೆ. ಅವರ ವಿಚಾರಗಳು ಸೃಜನಾತ್ಮಕವಾದವುಗಳು ಮತ್ತು ನವೀನವಾದವುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅವರು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಓರ್ವ ಒಳ್ಳೆಯ ಶಿಕ್ಷಕರಾಗಲು ಅವರು ಒಂದು ಕೀಲಿ ಕೈ ಆಗಿದ್ದಾರೆ ಎಂಬ ಅನ್ನಿಸಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಅವರು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಸ್ಫೂರ್ತಿ ನೀಡುವವರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

– ಸಮ್ಮೇಳನಾರ್ಥಿಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯ

ಬೋಧಿಸುವ ಕೋರ್ಸ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸಂಶೋಧನೆ ಆಧಾರಿತ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ನಮ್ಯತೆಗೂ ಮತ್ತು ಕೇವಲ ಬೋಧನೆ ಮಾಡುವ ಕಾಲೇಜುಗಳಗೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ರೀತಿಯ ವಿಭಜನೆ ಇರುವುದನ್ನು ನಾನು ನೋಡಿದ್ದೇನೆ. ಇದು ಸ್ವಾತಿ ಪಾಟನ್‌ಕರ್ ರವರ ಭಾಷಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಈ ಭಾಷಣದಲ್ಲಿ ಸ್ವಾತಿಯವರು ಸ್ನಾತಕ (ಗ್ರಾಜುಯೇಟ್) ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸೃಜನಾತ್ಮಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿದರು.

– ಸಮ್ಮೇಳನಾರ್ಥಿಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯ

ಇತಿಹಾಸ ಏಕೆ ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವಾಗಿರಲೇ ಬೇಕು ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಒತ್ತುಕೊಡುತ್ತಾ, ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಇಂದು ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸದ ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ ಇರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಾಸ್ತವಾಂಶದ ಕಡೆಗೆ ಅಭ್ಯರ್ಥಿಗಳ ಗಮನ ಸೆಳೆದರು. ಈ ಕೊರತೆ ಹೊಸ ಶಿಕ್ಷಕರ ನೇಮಕಾತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ –ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ತರಬೇತಿ ಪಡೆದ ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗಗಳು ನೇಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಬಹಳ ಅಪರೂಪದ ಸಂಗತಿ.

ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತ ಇದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಅದು 'ಆಧುನಿಕ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ' ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ (molecular analysis) ಸೀಮಿತಗೊಂಡಿದೆ. ಕೇವಲ ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸುವುದರಿಂದ ಕಲಿತುಕೊಳ್ಳಲು ಅವಕಾಶವೇ ಇಲ್ಲದಂತಾಗಿದೆ. ನಮ್ಮ ಮತ್ಸ್ಯಾಗಾರಗಳು, ಕೃಷಿ, ಔಷಧ ತಯಾರಿಕಾ ಕೇಂದ್ರಗಳು, ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಮತ್ತು ಕಡೆಗೆ ಹವಾಮಾನ ಬದಲಾವಣೆ ಉಂಟು ಮಾಡಿರುವ ಪ್ರಸ್ತುತ ಸಂಕಟ ಸ್ಥಿತಿಗಳು(ಕ್ರೈಸಿಸ್)–ಈ ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಆಕೆ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಿದರು. ಮಾನವನ ಕಲ್ಯಾಣವನ್ನು ಅಣುಗಳ ಅಂಕಿ–ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅದು ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸದ ಭದ್ರ ಅಡಿಪಾಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು ಎಂದರು. ಅವರ ಈ ನಿಲುವು ಸತ್ಯಜಿತ್ ರಥ್‌ರವರು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಕುಚಿತ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದ ಪ್ರಾಬಲ್ಯವನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ ವಿಚಾರದೊಂದಿಗೆ ಧ್ವನಿಗೂಡಿಸುತ್ತದೆ.

ನಮ್ಮ ಶಿಕ್ಷಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಕೆಲವು ನಿರ್ಬಂಧಗಳನ್ನು ಒಡ್ಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಪಠ್ಯಕ್ರಮವು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಲೇ ಇದೆ ಮತ್ತು ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಮುಂಚೆ ಪಠ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಪೂರೈಸುವುದು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಕಷ್ಟಕರವಾದುದು ನಿಜವೇ. ಆದರೆ ಮುಂಬಯಿಯ ಇಂಡಿಯನ್ ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿ (IIT) ಯ ಅಧ್ಯಾಪಕಿ ಸ್ವಾತಿ ಪಾಟನಕರ್ ಹೇಳುವಂತೆ – 'ಇಷ್ಟಾದರೂ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಈ ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಹೊರ ಬರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಸರಿಯಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸಿದರೆ ಈ ಉಪಕ್ರಮದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ತುಂಬಾ ಗಮನ ಸೆಳೆಯುವಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ.' ತಮ್ಮ ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸಲು ತಮ್ಮ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಬೋಧಿಸುವ ಮತ್ತು ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಕೇಳುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಮತ್ತೊಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿರುವ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಸಮ್ಮೇಳನದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದವರೊಂದಿಗೆ ಹಂಚಿಕೊಂಡರು. ತತ್ಫಲವಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಕೇವಲ ಪುನರಾವರ್ತನೆ ಮಾಡಿ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಕಲಿಯುವುದರ ಬದಲಾಗೆ, ಅವು ಅವರಿಗೆ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವೆನ್ನಿಸಿದವು. ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಷ್ಕ್ರಿಯವಾಗಿ ಪ್ರೇಕ್ಷಕರಂತೆ ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿರುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮ್ಮದೆ ಆದ ಕಲಿಕಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಕ್ರಿಯ ಸಹಭಾಗಿಗಳಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಸಮ್ಮೇಳನದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದುದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ನಮ್ಮಲ್ಲಿ ಅನೇಕರನ್ನು ಎಚ್ಚರಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿತು ಮತ್ತು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಸುಧಾರಿಸುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವ ತುರ್ತಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ದೀರ್ಘವಾಗಿ ಯೋಚಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿತು. ವಾಸ್ತವಾಂಶವೆಂದರೆ ಈ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ AABE ಈಗ ಭಾರತೀಯ ಚಾಪ್ಟರನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಪ್ರೇರಣೆಗೆ ಮತ್ತು 50 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಏಷಿಯನ್ ಅಸೋಸಿಯೇಷನ್‌ಅನ್ನು (ಸಂಘಟನೆಯನ್ನು) ಆರಂಭಿಸಲು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಾರಣವಾಯಿತು. ಈ ಸಂಘಟನೆಯನ್ನು ಆರಂಭ ಮಾಡಿದ ಸದಸ್ಯರು ಸಂಪರ್ಕಜಾಲದ ಮೂಲಕ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿದ ಬೋಧಕ ಸಮುದಾಯ ಪರಸ್ಪರ ಕಲಿಕೆಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಸಮರ್ಥವಾಗುವುದೆಂದೂ ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ ಸಮಗ್ರ ಶಿಕ್ಷಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರು.

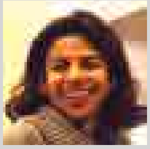
ಅನೇಕ ಸವಾಲಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಿದ್ದರೂ ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ಉತ್ತೇಜನಾ ಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವ ಅನೇಕ ಶಿಕ್ಷಕರ ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ನೋಡಲು ಸಂತೋಷವೆನಿಸುತ್ತದೆ.

– ಸಮ್ಮೇಳನಾರ್ಥಿಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯ

ಈ ಸಮ್ಮೇಳನವು ವಿವಿಧ ಹಿನ್ನೆಲೆಗಳು, ವಿಚಾರಗಳು ಮತ್ತು ಆಚರಣೆಗಳಿಂದ ಬಂದಿದ್ದ ಜನರು (ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಇತರರು) ತಮ್ಮ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದು ಸಮೃದ್ಧ ವೇದಿಕೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿತು. ಈ ಸಮ್ಮೇಳನಕ್ಕೆ ಸರಿಸುಮಾರು 100 ಅಭ್ಯರ್ಥಿಗಳು ಹಾಜರಾಗಿದ್ದರು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಈ ಸಮ್ಮೇಳನವು ಅಭ್ಯರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಹಭಾಗಿತ್ವಕ್ಕೆ ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಒದಗಿಸಿತು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಸಮ್ಮೇಳನವು ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಿರುವ ಶೃಂಖಲೆಗಳನ್ನು ಮುರಿದು ಹೊರಬರಲು ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುತ್ತದೆಯೇ? ಬಹುಶಃ ಬಹಳ ಸೀಮಿತವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೌದೆನ್ನಬಹುದಾದರೂ, ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಆರಂಭವನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಸಂಪರ್ಕಜಾಲಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶ ನೀಡುವ ಇಂತಹ ಸಮ್ಮೇಳನಗಳು ಕರ್ತವ್ಯನಿಷ್ಠ ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ಒಂದುಗೂಡಿಸುವಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತವೆ.

ಜೀವವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಬಗ್ಗೆ ವಿವಿಧ ಉಪಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವ ಮತ್ತು ವಿವಿಧ ತಾತ್ವಿಕ ನಿಲುವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು ಒಟ್ಟು ಸೇರಿದಾಗ ಮಾತ್ರ, ನಾವು ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಕಾಣಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಭಾರತದಲ್ಲಿರುವ ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಸಮುದಾಯವನ್ನು ಸೇರಲು ನರೇಂದ್ರ ದೇಶ್ ಮುಖ್ (ಎಕ್ಸಿಕ್ಯೂಟಿವ್ ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ಇಂಡಿಯನ್ ಚಾಪ್ಟರ್)ರವರನ್ನು HYPERLINK "mailto:nddeshmush1965@gmail.com" nddeshmush1965@gmail.com ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು. AABE 'ಏಷಿಯನ್ ಜರ್ನಲ್ ಆಫ್ ಬಯಾಲಜಿ ಎಜುಕೇಷನ್' ಎಂಬ ಪತ್ರಿಕೆಯನ್ನು ಸಹ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿದೆ. ಈ ಪತ್ರಿಕೆಯನ್ನು ಆನ್‌ಲೈನ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಂತರ್‌ಜಾಲದ ಮೂಲಕ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. (http:/www.aabe.sakura.nejp)



ರೀತಿಕಾ ಸೂದ್ ಭಾರತೀಯ ಜೈವಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಯೋಜಕರು, ತರಬೇತಿಯಿಂದ ಓರ್ವ ನರವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಇವರು ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂವಹನದ ಬಗ್ಗೆ ತೀವ್ರ ಆಸ್ಥೆಯುಳ್ಳವರು. ಇವರನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸುವ e-mail: reeteka@indiabioscience.org.

ಗೀತಾ ಅಯ್ಯರ್ ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಪರಿಸರ – ಈ ಉಭಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಈಕೆ ಲೇಖಕಿ ಮತ್ತು ಸ್ವತಂತ್ರ ಪರಾಮರ್ಶಕಿ. ಇವರು ಶಿಕ್ಷಣ, ಪರಿಸರ ಮತ್ತು ಪಾಕೃತಿಕ ಇತಿಹಾಸದ ಬಗ್ಗೆ ವಿಪುಲವಾಗಿ ಬರೆದಿದ್ದಾರೆ. ಇವರ e-mail : brownfishowl@yahoo.com.uk

ಅನುವಾದ: ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ

Printed and published by Manoj P on behalf of Azim Premji Foundation for Development.
Printed at Suprabha Colorgrafix (P) Ltd., No. 10, 11, 11-A, J.C. Industrial Area, Yelachenahalli, Kanakapura Road, Bengaluru 560062.
Published at Azim Premji University, Pixel B Block, PES College of Engineering Campus, Electronics City, Bengaluru 560100.
Editors: Ramgopal Vallath & Chitra Ravi

2020-21ನೇ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ “ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ” ಹಾಗೂ “ಗಣಿತ ಮತ್ತು ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣ: ಅಭ್ಯಾಸಗಳು, ನಿರೀಕ್ಷೆಗಳು ಮತ್ತು ಸವಾಲುಗಳು” ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣ

ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಪ್ರಸ್ತುತ ಶಾಲಾಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಸಂಬಂಧಿತ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಜ್ಞಾನ ಭಂಡಾರವನ್ನು ಭಾರತೀಯ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡಾ ಲಭ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಉತ್ತಮ ಗುಣಮಟ್ಟದ ವಾಚನ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಇಂಗ್ಲೀಷ್‌ನಿಂದ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಗೆ ಅನುವಾದಿಸುವ ಜೊತೆಗೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ವಾರ್ಷಿಕ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣ ಸರಣಿಗಳ ಮೂಲಕ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ವಿಚಾರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿದ್ವತ್‌ಪೂರ್ಣ ಸಂವಾದಗಳನ್ನು ಆಯೋಜಿಸಿ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಬರವಣಿಗೆಯನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವ ಗುರಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಭಾಗವಾಗಿ 2020-21ನೇ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ “ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ” ಹಾಗೂ “ಗಣಿತ ಮತ್ತು ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣ: ಅಭ್ಯಾಸಗಳು, ನಿರೀಕ್ಷೆಗಳು ಮತ್ತು ಸವಾಲುಗಳು” ಈ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣಗಳನ್ನು ಆಯೋಜಿಸುತ್ತಿದೆ. ಈ ಕುರಿತಂತೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿಗಾಗಿ ಇಲ್ಲಿನ ಪ್ರಕಟಣೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.

ಸಾರಲೇಖನ ಸ್ವೀಕೃತಿಗೆ ಕೊನೆಯ ದಿನಾಂಕ: 30-06-2020

ಯಾರು ಭಾಗವಹಿಸಬಹುದು
ಶಿಕ್ಷಕರು, ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು (ಶಿಕ್ಷಕ-ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಸ್ಥೆಗಳ ಅಧ್ಯಾಪಕ ವೃಂದ), ಸಂಶೋಧಕರು ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳ ಅಧ್ಯಾಪಕ ವೃಂದ, ಸರ್ಕಾರೇತರ ಸಂಘಟನೆಗಳ ಸದಸ್ಯರು.

ಲೇಖನಗಳ ಸಾರಾಂಶ (Abstract) ಸಲ್ಲಿಕೆ
ಲಘು ಲೇಖನಗಳಿಗೆ 500 ಪದಗಳು ಮತ್ತು ದೀರ್ಘ ಲೇಖನಗಳಿಗೆ 800 ಪದಗಳ ಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಲೇಖನದ ಸಾರಾಂಶವನ್ನು (Abstract) ಕಳುಹಿಸುವುದು. ಸಾರಲೇಖನ ಆಯ್ಕೆಯಾದ ನಂತರದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣಲೇಖನವನ್ನು ಬರೆದು ಕಳಿಸಲು ಮಾಹಿತಿ ನೀಡಲಾಗುವುದು.

ಸಾರಲೇಖನ ಕಳುಹಿಸಬೇಕಾದ ವಿಧಾನ
ನುಡಿ 01ಇ ಅಕ್ಷರ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ವರ್ಡ್‌ಫೈಲ್ ಫಾರ್ಮ್ಯಾಟ್‌ನಲ್ಲಿ ಕಳುಹಿಸಬೇಕು

ಸಾರಾಂಶ ಕಳುಹಿಸಬೇಕಾದ ಇ-ಮೇಲ್ ವಿಳಾಸ: ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಸಾರಲೇಖನ/ಲೇಖನಗಳನ್ನು kan.scienceseminar@apu.edu.in
ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣದ ಸಾರಲೇಖನ/ಲೇಖನಗಳನ್ನು kan.mathsseminar@apu.edu.in

ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣದ ದಿನಾಂಕ ಮತ್ತು ಸ್ಥಳ: ಮೂರು ದಿನಗಳ ಈ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣವನ್ನು ಕಲಬುರಗಿಯ **ಕರ್ನಾಟಕ ಕೇಂದ್ರೀಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ 2020ರ ಡಿಸೆಂಬರ್ 16, 17 ಮತ್ತು 18ರಂದು** ನಡೆಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ **ದಾವಣಗೆರೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ದಾವಣಗೆರೆಯಲ್ಲಿ 2021ರ ಫೆಬ್ರವರಿ 2, 3 ಮತ್ತು 4**ರಂದು ನಡೆಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ - ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣಕ್ಕೆ ಲೇಖನಗಳಿಗಾಗಿ ಆಹ್ವಾನ

ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ರಾಜ್ಯದ ಇತರ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ/ ಸಹಯೋಗಿ ಸಂಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ "ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ" ವಿಷಯ ಕುರಿತಂತೆ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣವನ್ನು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದೆ.

ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಬಹುದಾದ ಪ್ರಬಂಧದ ಉಪ-ವಿಷಯಗಳು:

ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಸಮಾಜದ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧ

- ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ವರೂಪ, ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಮತ್ತು ಅದರ ಭಾಷೆ
- ಸಮಾಜ, ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ವಿಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧ
- ವಿಜ್ಞಾನ, ಸಾಮಾಜೀಕರಣ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಣ

ಪ್ರಾಥಮಿಕ, ಹಿರಿಯ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮತ್ತು ಪ್ರೌಢಶಾಲಾ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ

- ವಿಜ್ಞಾನ ಪಠ್ಯಕ್ರಮ: ಪಠ್ಯಸೂಚಿ, ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ, ಬೋಧನಾ ಕಲಿಕಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ
- ಭಾಷೆ ಮತ್ತು ಇತರ ವಿಷಯಗಳೊಂದಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಸಂಬಂಧ; ಸಂಸ್ಕೃತಿ ಮತ್ತು ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ಹಿನ್ನೆಲೆ
- ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಸಂರಚನೆಗಳು, ಅವುಗಳ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ವಿಧಾನ

ಪದವಿ ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ಉನ್ನತ ಶಿಕ್ಷಣ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ

- ವಿಜ್ಞಾನ ಪಠ್ಯಕ್ರಮ: ಪಠ್ಯಸೂಚಿ, ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ, ಬೋಧನಾ ಕಲಿಕಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ
- ಉನ್ನತ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕೃತಿ, ಸಂರಚನೆ ಮತ್ತು ಸ್ವರೂಪ
- ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ಗುಣಮಟ್ಟ, ಸವಾಲುಗಳು ಮತ್ತು ಉನ್ನತ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಳಗೊಳ್ಳುವಿಕೆ

ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣ: ಅಭ್ಯಾಸಗಳು, ನಿರೀಕ್ಷೆಗಳು ಮತ್ತು ಸವಾಲುಗಳು: ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣಕ್ಕೆ ಲೇಖನಗಳಿಗಾಗಿ ಆಹ್ವಾನ

ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ರಾಜ್ಯದ ಇತರ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ/ ಸಹಯೋಗಿ ಸಂಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ "ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣ: ಅಭ್ಯಾಸಗಳು, ನಿರೀಕ್ಷೆಗಳು ಮತ್ತು ಸವಾಲುಗಳು" ವಿಷಯ ಕುರಿತಂತೆ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣವನ್ನು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದೆ.

ಈ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣಕ್ಕಾಗಿ ಸಾರಲೇಖನಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸಬಹುದಾದ ಉಪ-ವಿಷಯಗಳು:

ಗಣಿತದ ತರಗತಿ

- ಗಣಿತದ ಬೋಧನೆ ಹೇಗಿರಬೇಕು?
- ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಗಣಿತದ ಬೋಧನಾ ಕಲಿಕಾ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಹೇಗಿರಬೇಕು?

ಗಣಿತ ಕಲಿಕೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳೇನು?

- ಗಣಿತೀಯ ವಿನ್ಯಾಸ (ಪ್ಯಾಟರ್ನ್), ಅವುಗಳ ಗುರುತಿಸುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯೀಕರಣದ ಅಧ್ಯಯನ
- ಗಣಿತ ಕಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಬೋಧನಾ ಕಲಿಕಾ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳು ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಪಾತ್ರವೇನು?
- ಗಣಿತ ತರಗತಿಗಳ ಡಿಜಿಟಲೀಕರಣ ಎಂದರೇನು? ಇ-ಕಲಿಕೆ, ಸಮ್ಮಿಳಿತ ಬೋಧನಾ ಕಲಿಕಾ ವಿಧಾನ, ಜಿಯೋಜಿಬ್ರಾದಂತಹ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳ ಅಳವಡಿಕೆ ಗಣಿತ ಕಲಿಕೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿಸಬಲ್ಲವು?
- ದೃಶ್ಯೀಕರಣದಲ್ಲಿ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಹೇಗೆ ನೆರವಾಗುತ್ತವೆ? ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಾರೆ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಪಾತ್ರ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಎದುರಿಸಬೇಕು?

ಗಣಿತ ಪಠ್ಯಕ್ರಮ ಮತ್ತು ಸಮಾಜ

- ಗಣಿತ ವಿಷಯದ ಆಯಾಮಗಳಾದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಮತ್ತು ಸಂಖ್ಯಾಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು, ಬೀಜಗಣಿತ, ದತ್ತಾಂಶದೊಡನೆ ಕಾರ್ಯ, ರೇಖಾಗಣಿತ, ಅಳತೆ, ಮುಂತಾದ ಆಯಾಮಗಳು ಸಂಯುಕ್ತವಾಗಿ ಬೆಳೆಸುವ ಗಣಿತೀಯ ಚಿಂತನೆ, ಅದನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಬೇಕಾದ ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣದ ದೃಷ್ಟಿ, ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಪೂರಕ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಸೃಷ್ಟಿ ಮಾಡುವುದು?
- ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಇರುವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭಾಷೆ ಹಾಗೂ ಅದರ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ, ಸಾಮಾಜಿಕ ಮತ್ತು ರಾಜನೈತಿಕ ಆಯಾಮಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಗಣಿತ ಕಲಿಸಬೇಕೇ? ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಕಲಿಸುವ ಗಣಿತದ ಸ್ವರೂಪ ಹೇಗಿರಬೇಕು?
- ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಸಮಾನತೆ ಮತ್ತು ನ್ಯಾಯದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ನೋಡಲಾಗುತ್ತದೆ? ಇದು ಭಾಷೆ ಮತ್ತು ಸಂಸ್ಕೃತಿಯೊಂದಿಗೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಸಂಬಂಧ ಹೊಂದಿದೆ?

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ಅರಿವು

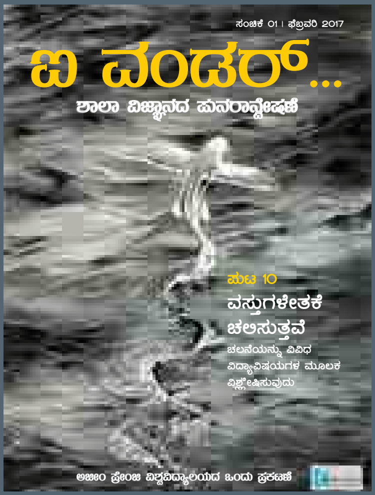
- ಎಲ್ಲರಿಗಾಗಿ ಗಣಿತ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲರೂ ಗಣಿತ ಕಲಿಯುವುದನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸುವುದು?
- ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಸಮನ್ವಯ ಶಿಕ್ಷಣದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಹೇಗಿರಬೇಕು?
- ಭಾಷೆ ಮತ್ತು ಗಣಿತದ ಸಂಬಂಧವೇನು?
- ಮಕ್ಕಳ ಹಿನ್ನೆಲೆ, ಭಾಷೆ ಮತ್ತು ಸಂಸ್ಕೃತಿಯನ್ನು ಗಣಿತ ಬೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೀತಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು?

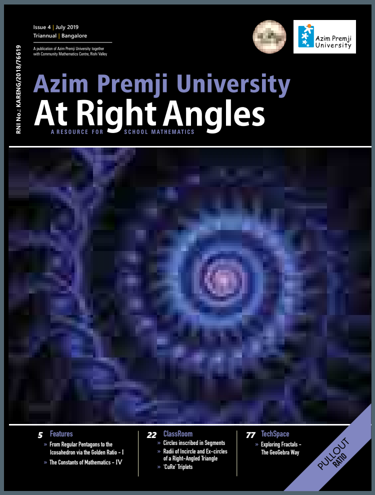
ಸೇವಾಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ಸೇವಾನಿರತ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಕರ ವೃತ್ತಿಪರ ಬೆಳವಣಿಗೆ

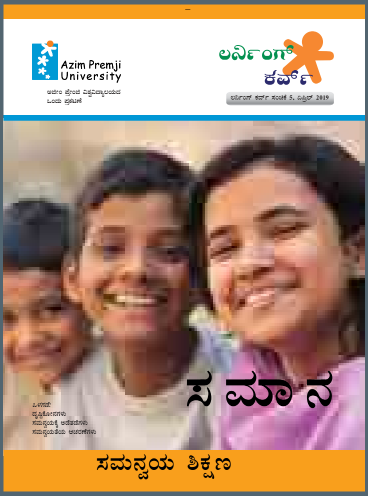
- ಅಧ್ಯಾಪಕರು ಗಣಿತದ ವಿವಿಧ ಶಾಖೆಗಳ ಮಹತ್ವ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅಗತ್ಯವೇ? ಹೌದಾದರೆ ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ?
- ಪ್ರಾಥಮಿಕ, ಪ್ರೌಢ ಮತ್ತು ಉನ್ನತ ಶಿಕ್ಷಣದ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣದ ಉದ್ದೇಶ ಮತ್ತು ವಿಶಿಷ್ಟ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಏನಿರಬೇಕು? ಏಕಿರಬೇಕು? ಮತ್ತು ಹೇಗೆ ಕಲಿಸಬೇಕು?

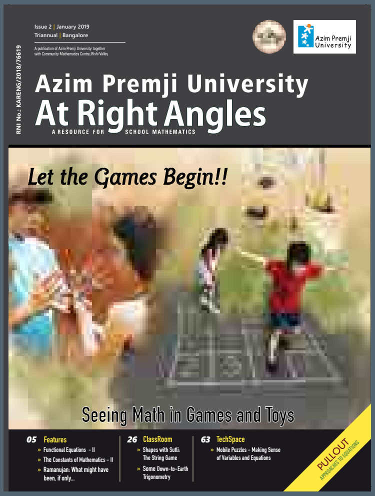
Azim Premji University

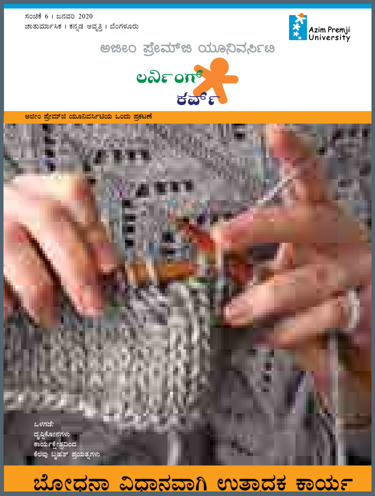
ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯ ಇತರ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

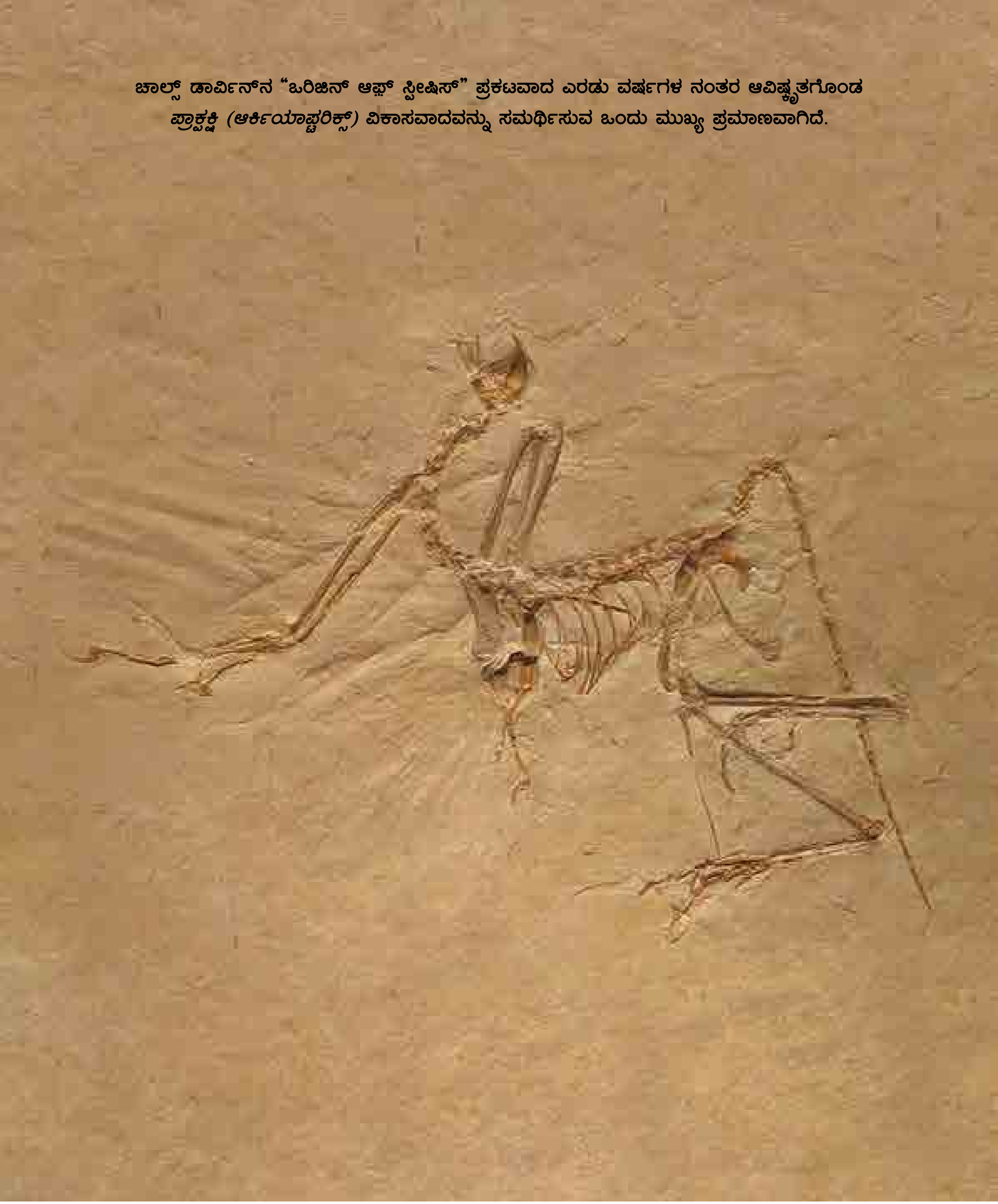












ಚಾಲ್ಸ್ ಡಾರ್ವಿನ್‌ನ “ಒರಿಜಿನ್ ಆಫ್ ಸ್ಪೀಷಿಸ್” ಪ್ರಕಟವಾದ ಎರಡು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಆವಿಷ್ಕೃತಗೊಂಡ *ಪ್ರಾಕ್ಪಕ್ಷಿ (ಆರ್ಕಿಯಾಪ್ಟರಿಕ್ಸ್)* ವಿಕಾಸವಾದವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದೆ.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ, ನಮ್ಮ ಗ್ರಹದ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಬದುಕಿನ **ವಿಕಾಸ**ವನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಲು **ಐ ವಂಡರ್**...
ಪತ್ರಿಕೆಯ ಮುಂದಿನ ಸಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಿ!