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

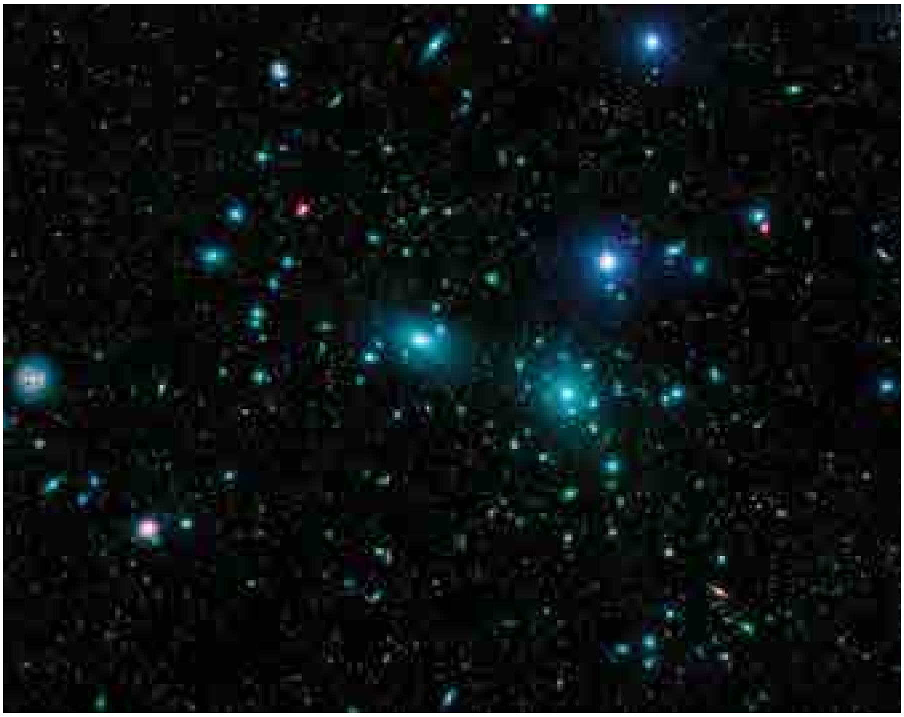
ನಿಹಾರಿಕೆಯ ಪರಿವೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಕಪ್ಪುದ್ರವ್ಯದ ನಿಖರ ಲಕ್ಷಣಗಳೇನು? ಇಂದಿಗೂ ಇದೊಂದು ಮುಕ್ತಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೀಗಿದೆ-ಈ ಪರಿವೇಶವು ಇನ್ನೂ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಗ್ರಹದಂಥ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಅಥವಾ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅವು ಕಪ್ಪುಕುಳಿಗಳಾಗಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇದೆ.

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.



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.

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 ದಿಗ್ಭ್ರಮೆಗೊಳಸುತ್ತವೆ: ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ 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 ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟದ್ದರೆ 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