ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತ ಕುರಿತು ತಪ್ಪು ಕಲ್ಪನೆಗಳು

ಉಮಾ ಸುಧೀರ್

ರಾಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಮೂಲಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದ್ದರೂ ಸಹ ಶಾಲಾ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಹೇಳಿರುವ ರೀತಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಮೇಲ್ನೋಟದ ಅರ್ಥಗ್ರಹಿಕೆ ಹಾಗೂ ಹಲವಾರು ತಪ್ಪುಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುವಂತಿದೆ. ಅದರ ವಿವರಣೆ ಹಾಗೂ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯ ಪರಿಮಿತಿ ಹಾಗೂ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಶಿಕ್ಷಕರು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆಯೇ?

ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತ ಅಮೂರ್ತವಾದರೂ ಆಧುನಿಕ ರಾಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವಾಗಿದೆ. ಹಲವು ಅಧ್ಯಯನಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಸಾಕಷ್ಟು ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಹಾಗೂ ಪ್ರೌಢಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಗಿಳಿಪಾಠದಂತೆ ಒಪ್ಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಪ್ರವೀಣರಾಗಿರುತ್ತಾರೆಯಾದರೂ ಹಲವಾರು ತಪ್ಪು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತಾರೆ. ಸಾಕಷ್ಟು ಬಾರಿ ಅವರು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಅಸಮರ್ಥರಾಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅದು ಹೇಗೆ ಉಳಿದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಹಾಗೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಹೊಂದಿದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಸವಾಲುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಕಾರಣ ಶಾಲಾಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಇದು ಹೇಗೆ ನಿರೂಪಣೆಯಾಗಿದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿರುವ ವಿವರಣೆಗಳು ಹಾಗೂ ಚಿತ್ರಗಳು ಗೊಂದಲದಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು ತಪ್ಪುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಜೊತೆಗೆ, ಉಳಿದ ಅಧ್ಯಯನ ಶಾಖೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಸ್ತುತತೆಯನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗೂ ಉಳಿದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳೊಂದಿಗೆ (ಶಾಖ ಹಾಗೂ ತಾಪಮಾನದಂತಹ) ಇದರ ಸಂಬಂಧವೇನೆಂದು ತೋರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ಆಳವಿಲ್ಲದೆ, ಮೇಲೆ ಮೇಲಷ್ಟೇ ಕಲಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ತಾವು ಗಮನಿಸುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ನಿಭಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಶಾಲಾ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿವರಣೆ ಹಾಗೂ ಚಿತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದಲೇ ಜೂನ್ 2007ರಂದು ಇಂದೋರ್‌ನ ಏಕಲವ್ಯದಲ್ಲಿ 8ರಿಂದ 10ನೇ ತರಗತಿಯ ಇಪ್ಪತ್ತೆರಡು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಕಾರ್ಯಾಗಾರವೊಂದನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲಾಯಿತು. ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಮೂರು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿತ್ತು. ಅದಕ್ಕೆ ಅವರು ಸುಮಾರು ಇಪ್ಪತ್ತು ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ತರಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಅವರು ನೀಡಿದ ಉತ್ತರಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಮುಖ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಂಶಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಪಡಿಸಿತು.

ಲೋಹದ ಲಕ್ಷಣಗಳು

ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆ: ತಾಮ್ರ ಹಾಗೂ ಪಾದರಸ ಎರಡೂ ಲೋಹಗಳು. ಕೊಠಡಿ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ

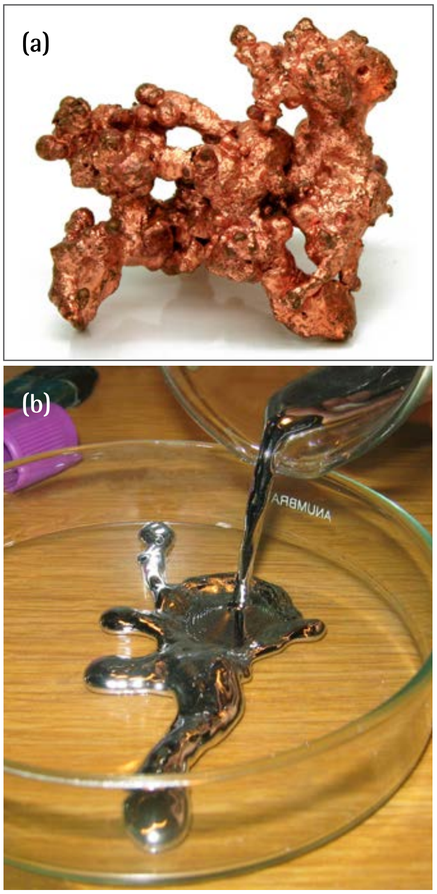
ತಾಮ್ರ ಘನವಸ್ತುವಾದರೆ, ಪಾದರಸ ದ್ರವವಾಗಿರುತ್ತದೆ (**ಚಿತ್ರ 1**). ಜೊತೆಗೆ, ತಾಮ್ರ ಪಾದರಸಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮ ಶಾಖ ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ. ಕೆಳಕಂಡ ವಾಕ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ತಾಮ್ರ ಹಾಗೂ ಪಾದರಸಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ತ?

a. ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪಾದರಸದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮೆದುವಾಗಿದೆ (ಕುಟ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ).

b. ಪಾದರಸದ ಪರಮಾಣುಗಳು ದ್ರವ ಹಾಗೂ ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಘನರೂಪದಲ್ಲಿವೆ.

c. ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣು ಪಾದರಸದ ಪರಮಾಣುವಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉತ್ತಮ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ.

d. ಮೇಲ್ಕಂಡದ್ದರಲ್ಲಿ ಯಾವುದೂ ಅಲ್ಲ.
ಹಾಗಾದರೆ, ಈ ಎರಡೂ ಲೋಹಗಳ ನಡುವೆ ಕಂಡುಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿವರಿಸುವಿರಿ?



ಚಿತ್ರ 1. ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣು (a) ಹಾಗೂ ಪಾದರಸದ ಪರಮಾಣು (b) ಹೇಗೆ ಒಂದರಿಂದ ಒಂದು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿವೆ?

(a) ಕೃಪೆ: Spinningspark. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NatCopper.jpg. ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-SA.
(b) ಕೃಪೆ: Bionerd. URL: https:// commons.wikimedia.org/wiki/File:Pouring_liquid_mercury_bionerd.jpg. License: CC-BY.

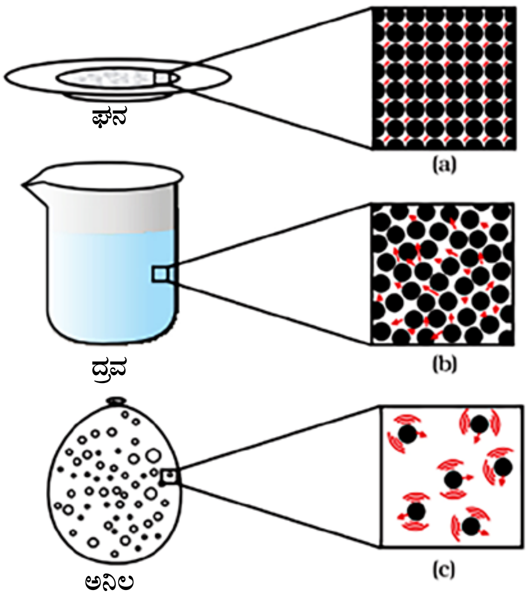
ಉತ್ತರಿಸಿದ ಹದಿನೆಂಟು ಶಿಕ್ಷಕರಲ್ಲಿ ಹಲವರು, ಮೂರು ತಪ್ಪಾದ ಆಯ್ಕೆಗಳಲ್ಲಿ(a,b ಮತ್ತುc) ಒಂದು ಅಥವಾ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಆಯ್ಕೆಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿದರು. ಕೇವಲ ಎಂಟು ಜನ ಮಾತ್ರ ಸರಿಯಾದ (d)ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂವರು ತಮ್ಮ ಆಯ್ಕೆಗೆ ಕಾರಣವನ್ನು ನೀಡಲಿಲ್ಲ. ನಾಲ್ವರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ನೀಡಿದರು. ಕೇವಲ ಒಬ್ಬರ ಉತ್ತರವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸೂಕ್ತ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದಾಗಿತ್ತು: "ಲಕ್ಷಣಗಳು ಧಾತುವಿನದಾಗಿರುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗುಂಪಿನದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ಕೇವಲ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನದ್ದಲ್ಲ". ತಪ್ಪು ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ ಶಿಕ್ಷಕರು ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ ಅಂದುಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಇನ್ನೊಂದರ್ಥದಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣು ಧಾತುವಿನ ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ಕಣವಾಗಿದ್ದು, ಧಾತುವಿನ ಎಲ್ಲಾ ಭೌತಿಕ ಹಾಗೂ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದರು.

ಈ ತಪ್ಪು ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾದರೂ ಏನು? ಒಂದು ಕಾರಣವೆಂದರೆ, ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಶಿಕ್ಷಕರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಈ ಪರಮಾಣುವಿನ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಲು ಬಳಸುವ ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವಂತಿದೆ. ಇದನ್ನು, ಒಂದು ಇಟ್ಟಿಗೆ ಅಥವಾ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣ ತನ್ನ 'ಇಟ್ಟಿಗೆತನ' ಅಥವಾ 'ಸೀಮೆಸುಣ್ಣತನ'ವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಲಾರದಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕ ತುಡಾಗುವತನಕ ಒಡೆದು/ ಮುರಿದು ತೋರಿಸುವುದು. ಹೀಗೆ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಟ್ಟುವಂತಹ ಈ ಚಿತ್ರಣ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರದ ಹೊರತಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಕೂಡ ಮೊದಲಿಗೆ ಇದ್ದ ದೊಡ್ಡ ತುಣುಕಿನಂತೆಯೇ ಯಥಾವತ್ತಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿತ್ತಷ್ಟೇ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಮೂಡಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಭಾವನೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಹಾಗೂ ಶಿಕ್ಷಕರಲ್ಲಿ ಮುಂದೊಮ್ಮೆ ಅವರು ಓದುವ ಲೋಹಗಳ ಬಂಧಕ ಹಾಗೂ ಅದರ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಮರೆಮಾಚಿಬಿಡುತ್ತದೆ– ಅದೇನೆಂದರೆ, ಇಂತಹ ಬಂಧಕಗಳು ಹೇಗೆ ಲೋಹಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ವಾಹಕ್ಕೆ ಅವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ, ಹೇಗೆ ಹೊಳೆಯುತ್ತವೆ, ಏಕೆ ಮೃದುವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಇತ್ಯಾದಗಳನ್ನೂ ವಿವರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ತಪ್ಪು ತಿಳುವಳಿಕೆಗೆ ಇರಬಹುದಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರಣವೆಂದರೆ, ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ ಡಾಲ್ಟನ್ನಿಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿದ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕತೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ ಜ್ಞಾನದ ವಿಭಾಗೀಕರಣವೂ ಇದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರಣವಾಗಿರಬಹುದು. ಹಲವಾರು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರಬೇಕಾದ ಸುಸಂಗತತೆಯ ಅಗತ್ಯವೇನು ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಮಕ್ಕಳು ನಿಜಕ್ಕೂ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆಯೇ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ ಮಾಡಲು ಸೂಕ್ತವಾದ ಮೂಲ್ಯಾಂಕನ ವಿಧಾನಗಳ ಕೊರತೆಯಿಂದಲೂ ಇದು ಮತ್ತಷ್ಟು ಬಲಿಷ್ಠವಾಗಿದೆ.

ಅನಿಲದ ತಾಪಮಾನ

ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆ ಹೀಗಿತ್ತು: ಜಲಜನಕದ (ಹೈಡ್ರೋಜನ್) ಪ್ರತ್ಯೇಕಿತ ಅಣುವಿನ ತಾಪಮಾನ ಎಷ್ಟು?

ಹನ್ನೊಂದು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಅವರಲ್ಲಿ ನಾಲ್ವರು ಜಲಜನಕ ಅಣುವಿನ ತಾಪಮಾನ 'ಕೊಠಡಿಯ ತಾಪಮಾನ'ದಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದರು. ಒಂದು ಉತ್ತರ 0^0C ಎಂದಾದರೆ, ಮತ್ತೊಬ್ಬರು ಜಲಜನಕದ 'ನಿರ್ಣಾಯಕ ತಾಪಮಾನ' (Critical Temperature) ಎಂದರು. ಒಬ್ಬ ಶಿಕ್ಷಕರು $PV = nRT$, ಸೂತ್ರ ಬಳಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಆದರೆ $T = PV/nR$ ನಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಇನ್ನೊಬ್ಬ ಶಿಕ್ಷಕರು 'ಅನಿಲದ ಅಣು ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತ' (Molecular kinetic theory of gases) ವನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿದರಾದರೂ ಅದರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ನೀಡಲಿಲ್ಲ. ಒಬ್ಬ ಶಿಕ್ಷಕರ ಉತ್ತರ ಹೀಗಿತ್ತು: "ಏಕೈಕ (ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ) ಅಣುವಿನ ತಾಪಮಾನ ಒಟ್ಟಾರೆ ಅನಿಲ ಪ್ರಮಾಣದ ತಾಪಮಾನದಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ" ಎಂದರು. ಇದು ತಾಪಮಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಗೊಂದಲಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕಾರಣವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹುತ್ತದೆ. ಇಪ್ಪತ್ತೆರಡರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ



ಚಿತ್ರ 1.5. a, b ಮತ್ತು c ವಸ್ತುಗಳ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳ ರೂಪುರೇಖೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಬೃಹತ್ತಾಗಿಸಿದೆ. ವಸ್ತುಗಳ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು ಹಾಗೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ 2. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ದಾರಿ ತಪ್ಪಿಸುವ ಚಿತ್ರಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವಭಾವದ ಬಗ್ಗೆ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಕುರಿತು ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಹುದು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯ ಉದಾಹರಣೆ ಇಲ್ಲಿದೆ. ಇದನ್ನು NCERT ಒಂಬತ್ತನೇ ತರಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದ 'ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತ ಇರುವ ವಸ್ತುಗಳು' ಎಂಬ ಮೊದಲನೆಯ ಪಾಠದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇಬ್ಬರು ಶಿಕ್ಷಕರು ಮಾತ್ರ ಭಾಗಶಃ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರವನ್ನು ನೀಡಿದರು. ಒಬ್ಬರ ಉತ್ತರ ಹೀಗಿತ್ತು: “ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಅಣುವಿನ ತಾಪಮಾನವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ” ಮತ್ತೊಬ್ಬರ ಉತ್ತರ: “ಊಹಿಸಲಾಗಲೀ, ಮಾಪನ ಮಾಡಲಾಗಲೀ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ”. ಹೇಗಾದರೂ, ಈ ಎಲ್ಲಾ ಉತ್ತರಗಳು ಅಳತೆಯ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದಂತಿತ್ತು.

ಇವರಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣು ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಪರಿಚಿತವಾಗಿತ್ತು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಅವರು ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪರಿಹರಿಸುತ್ತಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಆದರೂ, ಅವರಲ್ಲಿ ಯಾರಿಗೂ ಜಲಜನಕದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ತಾಪಮಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಕೇಳಿದಾಗ ವಿಚಿತ್ರ ಎಂದೇನೂ ಅನಿಸಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ತಾಪಮಾನ (ಘನ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ಯಾವುದಾದರೂ ಸರಿ) ಒಂದು ನಿಷ್ಪನ್ನ ಪರಿಮಾಣವಾಗಿದ್ದು ಇದು ನಮಗೆ ಒಟ್ಟಾರೆ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಯ (ಚಲನಶಕ್ತಿ ಅಂದರೆ ವೇಗ) ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವ ಅಂಶವನ್ನುಇವರು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿದರು. ಮೇಜಿನ ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳೆಯುವಂತೆ ತಾಪಮಾನವೂ ಸಹ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಣುವಿನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಲಕ್ಷಣವಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು (ಹೇಗಾದರೂ ತಪ್ಪೇ ಇರುತ್ತದೆ) ಎನ್ನುವ ತಪ್ಪಾದ ಗ್ರಹಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಅವರ ಉತ್ತರಗಳು ಆಧಾರಿತವಾಗಿದ್ದವು.

ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಗಳು

ಕಡೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆ ಒಂಭತ್ತನೇ ತರಗತಿಯ NCERT ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದ ವಿವರಣೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದಾಗಿತ್ತು (**ಚಿತ್ರ 2** ನೋಡಿ). ಉತ್ತರಿಸುವ ಮುನ್ನ ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಹೇಳಲಾಗಿತ್ತು.

a. ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಎಷ್ಟಾಗುವುದೋ ಅಷ್ಟು ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ತೆಗೆಯಿರಿ.

b. ವಸ್ತು ಘನದಿಂದ ದ್ರವ ಹಾಗೂ ದ್ರವದಿಂದ ಅನಿಲವಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ.

c. ಚಿತ್ರದ ಮೂರು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ಏನಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಯೋಚಿಸುವಿರಿ?

d. ವಸ್ತುವಿನ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿರುವ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಕೋರಲು ಮೊದಲನೆಯ ಭಾಗವನ್ನು (a) ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಈ ಕೋರಿಕೆಯನ್ನು ಯಾವ ಶಿಕ್ಷಕರೂ ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ, ತಾವು ಘನ, ದ್ರವ ಹಾಗೂ ಅನಿಲದ ಬಗ್ಗೆ ಏನೇನುತಿ ಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದರೋ ಅವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬರೆದರು.

ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಅಂಶಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆಯಲು ಎರಡನೆಯ ಭಾಗವನ್ನು (b) ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು:

- ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ (ಹರಳಿನಂತಿರುವ) ಘನವಸ್ತು ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಾದಾಗ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿರುವ ಇಳಿಕೆಯನ್ನು ಬಹಳವಾಗಿ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹಾಗಾಗಿ, ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳ ಬದಲಾವಣೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅಂತರಕಣ ಅವಕಾಶಗಳ (interparticle spaces) ಏರಿಕೆಗಿಂತ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯ ಮಟ್ಟದ ಇಳಿಕೆಯೇ ಹೆಚ್ಚು ಎನ್ನುವ ಅಂಶ ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದನ್ನು ಈ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ. ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಇದರ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯ ಮಟ್ಟದ ಇಳಿಕೆಯು, ಲೋಹಬಂಧಕಗಳು ಏಕೆ ದ್ರವೀಕರಣದ ನಂತರವೂ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿದುಕೊಂಡಿರುವತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಕರಗಿದ ಲೋಹಗಳು ಏಕೆ ಹೊಳೆಯುತ್ತವೆ ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸಂವಹಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನೂ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ.
- ದ್ರವವೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಬದಲಾದಾಗ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಾಗುವ ವಿಪರೀತ ಇಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಿಲ್ಲ. ಅತಿ ಸರಳವಾದ ನೀರಿನ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಮೋಲ್ (mole) ನೀರು ದ್ರವ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ 18 mL ಹಾಗೂ ಅನಿಲವಾದಾಗ 22,400mL ಇರುತ್ತದೆ . (ಪ್ರಮಾಣಿತ ತಾಪಮಾನ ಹಾಗೂ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ– STP ಯಾವುದೇ ಅನಿಲ 22.4Lನಷ್ಟು ಆವರಿಸುತ್ತದೆ, ಆದಾಗ್ಯೂ ನೀರಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಇದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸರಿಯಲ್ಲವೆನಿಸುತ್ತದೆ). ಹೀಗಾಗಿ, ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಇಂತಹ

ಬದಲಾವಣೆ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಸಾವಿರ ಪಟ್ಟಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಸಬಹುದು.

ಘನ>ದ್ರವ>ಅನಿಲ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ಇಳಿಮುಖವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಬಹುತೇಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉತ್ತರಿಸಿದರು.

ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳ (ಅಥವಾ ಕಣಗಳ) ನಡುವೆ 'ಏನೂ ಇಲ್ಲ' ಎನ್ನುವುದು ಮೂರನೆಯ ಭಾಗಕ್ಕೆ (c) ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರವಾಗುವುದು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಉತ್ತರ ಕೆಲವು ಗೊಂದಲ ಹಾಗೂ ಕೆಲವು ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿತು. ಮೂರು ಶಿಕ್ಷಕರು ಇದಕ್ಕೆ "ಗಾಳಿ" ಎಂದು ಉತ್ತರಿಸಿದರು. ಆಸಕ್ತಿಯ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕಾ ಸಂಶೋಧನೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಸಾಕಷ್ಟು ಮಕ್ಕಳು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಗಾಳಿಯಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ನಂಬಿದ್ದಾರೆ. ಅಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೇಳಿಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ಈ ಗೊಂದಲಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವಿರಬಹುದೇ? ಏಳು ಶಿಕ್ಷಕರು ಇದಕ್ಕೆ 'ಅಂತರ ಅಣುಶಕ್ತಿಗಳು' (intermolecular forces), ಆರು ಶಿಕ್ಷಕರು 'ಅಂತರಅಣು ಅವಕಾಶಗಳು' (intermolecular spaces) ಎಂದರು ಹಾಗೂ ಇನ್ನಿಬ್ಬರು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಎರಡನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಉತ್ತರಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ "ಏನೂ ಇಲ್ಲ" ಎಂದು ಉತ್ತರಿಸುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪದಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೇ?

ವಸ್ತುಗಳ ಈ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪೃಥಕ್ಕಣ ಸ್ವಭಾವದಲ್ಲಿ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೊಂದರತ್ತ ಗಮನ ಸೆಳೆಯಲು ನಾಲ್ಕನೆಯ ಭಾಗವನ್ನು (d) ಸೇರಿಸಲಾಯಿತು. ಕಣಗಳ ಜೋಡಣೆ (ಪರಮಾಣುಗಳು, ಅಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಯಾನುಗಳು) ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳು ಕೇವಲ ಕಂಪಿಸುವ ಚಲನೆಯನ್ನು (vibratory motion) ಮಾತ್ರ ತೋರುತ್ತವೆ ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳು ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಚಲನೆಯನ್ನು (translational motion) ಕೂಡ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತಿದೆಯೇ ಎಂದು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಶಿಕ್ಷಕರರನ್ನು ಕೋರಿದವು. ಆದರೆ, ಯಾವುದೇ ಉತ್ತರಗಳು ಈ ಅಂಶಗಳ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೂ ಬರಲಿಲ್ಲ. ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಘನ, ದ್ರವ ಹಾಗೂ ಅನಿಲಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಹಾಗೂ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಬಗೆಗಿನ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನೇ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನಾಗಿ ನೀಡಿದರು.

ಶಿಕ್ಷಕರ ಉತ್ತರಗಳು ಅವರು ಈ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ತಪ್ಪಾದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಪುನರ್ಬಲನಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೇಲೆ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಗಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕುರಿತು ಸಾಕಷ್ಟು ಚಿಂತನೆ ಮಾಡಲಿಲ್ಲವೆಂದು ಸೂಚಿಸುವಂತಿತ್ತು. ಇನ್ನೊಂದು ಸಾಧ್ಯತೆಯೆಂದರೆ, ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಬದಲಾವಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನಿಸಿದ್ದರೆ (ಅಂದರೆ, "ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸಿರುವ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ದ್ರವಕ್ಕಿಂತ ಹತ್ತು ಪಟ್ಟು, ನೂರು ಪಟ್ಟು ಅಥವಾ ಸಾವಿರ ಪಟ್ಟಿನಷ್ಟಿದೆಯೇ?") ಹೆಚ್ಚು ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರಗಳು ಹೊರಬರುತ್ತಿದ್ದವೇನೋ.

ಅಂತಿಮ ನುಡಿ

ಶಾಲಾ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಹೇಗೆ ಪ್ರಸ್ತುತಿಪಡಿಸಿದ್ದಾರೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿಮರ್ಶಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಶಿಕ್ಷಕರನ್ನು ಕೋರುವುದು ಈ ಚಿಕ್ಕ ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಧ್ಯೇಯವಾಗಿತ್ತು. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿರುವ ವಿವರಣೆ/ ಚಿತ್ರಗಳು ನಿಜಕ್ಕೂ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತದಂತಹ ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡು ನೈಜಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಪೂರೈಸಿದೆಯೇ?

ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕರು ಕೊಟ್ಟ ಉತ್ತರಗಳು ಅವರು ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿರುವ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಆಳವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುವಂತಿತ್ತು. ಜೊತೆಗೆ, ಅಚ್ಚರಿಯೆಂದರೆ ಅಧ್ಯಯನಗಳು ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಹಾಗೂ ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯ ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಂತಹ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಶಿಕ್ಷಕರೂ ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ. ಮಕ್ಕಳಾಗಿದ್ದಾಗ ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡ ಈ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ದೊಡ್ಡವರಾದಾಗಲೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಕಂಠಪಾಠ ಮಾಡಬಲ್ಲರು ಎಂಬ ಅಂಶದತ್ತ ಗಮನವೀಯುವ ಬೋಧನಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಮತ್ತು ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ ಆ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನು ತಾವೇ ಸ್ವತಃ ದೋಷರಹಿತವಾಗಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ನೆರವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಪರ್ಯಾಪ್ತವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಸಾಮಾನ್ಯ ಗ್ರಹಿಕೆಗೆ ಇದು ವಿರುದ್ಧವಾಗುವುದು. ಈ ಚಿಕ್ಕ ಅಧ್ಯಯನ ಶಿಕ್ಷಕರು ತಾವು ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಹೇಗೆ ಕಲಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ ಎಂಬುದರ ಕುರಿತು ಇನ್ನಷ್ಟು ಆಳವಾಗಿ ಪರ್ಯಾಲೋಚನೆ ಮಾಡಲು ನೆರವಾಗುವುದು. ಅಲ್ಲದೆ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಗೊಂದಲ ಹಾಗೂ ತಪ್ಪುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಿಕೆ ಹೇಗೆ ಅವರ ಬೋಧನಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಹಾಗೂ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ ಉಪಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ನೀಡಿವುದು? ಎಂದು ಪ್ರಶ್ನಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ನೀಡಲು ನೆರವಾಗುವುದು.

ಪ್ರಮುಖ ಕಲಿಕೆಗಳು

- ಸಾಕಷ್ಟು ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಹಾಗೂ ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ವಿವರಿಸಬಲ್ಲರಾದರೂ ಅದನ್ನು ಕುರಿತು ಹಲವಾರು ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತಾರೆ ಎಂದು ಅಧ್ಯಯನಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿವೆ.
- ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಇತರೆ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಹಾಗೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಧ್ಯಯನ ಶಾಖೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹೊಂದಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಗ್ರಹಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅಸಮರ್ಥರಾಗಿರುತ್ತಾರೆ.
- ಈ ಕೆಲವು ಸವಾಲುಗಳು ಶಾಲೆಯ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿರುವ ತಪ್ಪಾದ ಅಥವಾ ಗೊಂದಲಮಯವಾದ ವಿವರಣೆ ಹಾಗೂ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಗಳಿಂದಾಗಿರಬಹುದು. ಇವು ಶಿಕ್ಷಕರ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಾರದೆ ಹೋಗಬಹುದು.
- ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಹಾಗೂ ಪ್ರೌಢಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗಿರುವಂತಹ ತಪ್ಪು ಕಲ್ಪನೆಗಳೊಂದಿಗೂ ಸಹ ಕೆಲವು ಶಿಕ್ಷಕರು ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುತ್ತಾರೆ.
- ಇಂತಹ ತಪ್ಪು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಿಕೆ ಹಾಗೂ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿರುವ ವಿವರಣೆ ಹಾಗೂ ಸಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನಷ್ಟು ವಿಮರ್ಶಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮಕ್ಕಳು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡು ಅನ್ವಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ನೆರವಾಗುವದರಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಬೋಧನಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಹಾಗೂ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ ಉಪಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗದಶಿಯಾಗಬಲ್ಲವು.

ಟಿಪ್ಪಣಿಗಳು

1. ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ಸಂದರ್ಭ್, ಸಂಚಿಕೆ 60, ಪುಟ ಸಂ 35–41ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಗಿತ್ತು. ಈ ರೂಪಾಂತರವನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತಗೊಳಿಸಲು ಪುನರ್ರಚಿಸಿ, ಪರಿಷ್ಕರಿಸಲಾಗಿದೆ. URL: https://www.eklavya.in/ magazine-activity/sandarbh-magazines/300-sandarbh-from-issue-51-to-60/sandarbh-issue-60/1211-parmanu-sidhant-or-shikshako-ki-bhrantiyan.
2. ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿಂದೆ ಇರುವ ಚಿತ್ರದ ಮೂಲ: ಮುರಿದ ಬಳಪ: ಕೃಪೆ: Viktoria Goda, Pexels. URL: https://www.pexels.com/photo/blue-red-and-yellow-chalk-1107495/. License: CC0.

ಉಮಾ ಸುಧೀರ್ ಭೋಪಾಲದ ಏಕಲವ್ಯದ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಲಿಕಾ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ.

ಅನುವಾದ: **ಚಂದ್ರಿಕಾ ವಿಜಯೇಂದ್ರ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**