Side heading: ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಡಮೂಡುತ್ತಿರುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳು

ಲೋಹ–ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳು: ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ನೂತನ ಸವ್ಯಸಾಚಿಗಳು

ಜೋಯೆಲ್ ಕಾರ್ನೆಲಿಯೊ

ಲೋಹ–ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳು (Metal-Organic Frameworks (MOFs)) ಹೊಸದಾಗಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿದ ಪದಾರ್ಥಗಳಾಗಿದ್ದು ಇವು ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡ ಹಾಗೂ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೇಕೆ ಇಷ್ಟು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ? ಅವುಗಳನ್ನು ಬಳಸುವ ಬಗೆ ಹೇಗೆ? ಈ ಲೇಖನವು ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವತ್ತ ಆಗಿರುವ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತದೆ.

2017 ರ ಏಪ್ರಿಲ್‌ನಲ್ಲಿ, ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬರ್ಕ್‌ಲಿ ಮತ್ತು ಮೆಸಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿ (MIT) ಸಹಯೋಗದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು **ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕನ್ನು** ಬಳಸಿ **ಗಾಳಿಯ ತೇವಾಂಶದ ನೀರನ್ನು ತೆಗೆಯುವ** ಸಾಧನದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿರುವ ಬಗ್ಗೆ ವರದಿ ಮಾಡಿದರು[1]. 'ವರ್ಲ್ಡ್ ಎಕನಾಮಿಕ್ ಫೋರಮ್'[2] ನಿಂದ ವರ್ಷದ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಹತ್ತು ಉದಯೋನ್ಮುಖ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಂದು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಈ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮಾದರಿಯು, ಲೋಹ–ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳೆಂಬ (MOF) ಹೊಸ ಬಗೆಯ ಡಿಸೈನರ್ ಸ್ಫಟಿಕ (ಪೂರ್ವ ನಿರ್ಧಾರಿತ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು) ವರ್ಗಗಳ ಹಲವಾರು ಅನ್ವಯಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ.

MOFಗಳು ಎಂದರೇನು?

ಒಔಈ ಗಳನ್ನು 'ಖಾಲಿ ಜಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸಂಭಾವ್ಯತೆ ಹೊಂದಿರುವ ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಲಿಗ್ಯಾಂಡ್‌ಗಳುಳ್ಳ ಸಂಯೋಜನಾ ಜಾಲಗಳು'[3] ಎಂದು ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅನ್ವಯಿಕ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಘ (International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)) ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸುತ್ತದೆ. ಸರಳವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಔಈಗಳು ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ದೊಡ್ಡ ರಂಧ್ರಗಳುಳ್ಳ–ವಿವಿಧ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳುಳ್ಳ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಅಯಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಬಲ್ಲ ಹರಳು ರೂಪದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳ ಒಂದು ವರ್ಗ. 1990[4,5] ರಲ್ಲಿ ಮೊತ್ತಮೊದಲಿಗೆ **ಬರ್ನಾರ್ಡ್ ಹೋಸ್ಕಿನ್** ಮತ್ತು **ರಿಚರ್ಡ್ ರಾಬ್ಸನ್** ಎಂಬ ರಾಸಾಯನಿಕ ತಜ್ಞರು ಗಣಿತೀಯವಾಗಿ ಊಹಿಸಿದ ಈ ಸಂಯುಕ್ತ ಸ್ಫಟಿಕಗಳಿಗೆ 1995ರಲ್ಲಿ 'metal-organic framework' ಎಂದು ಹೆಸರು ಟಂಕಿಸಿದವರು ಅಮೆರಿಕಾದ ಮಿಚಿಗನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಜೋರ್ಡಾನಿಯನ್ – ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ **ಓಮರ್ ಅವರು**. 1999ರಲ್ಲಿ, ಇಯಾನ್ ವಿಲಿಯಮ್ಸ್ ಮತ್ತು ಓಮರ್ ಯಾಘಿ ಅವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಎರಡು ತಂಡಗಳು, ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ, ಮೊತ್ತಮೊದಲ MOFಗಳಾದ HKUST–1 ಮತ್ತು MOF–5 ಗಳನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿದ ಬಗ್ಗೆ ವರದಿ ಮಾಡಿದವು [4,6].

ಒಂದು MOF ತಯಾರಿಸಲು ಬೇಕಾಗಿರುವುದು ಲೋಹ ಲವಣ ಮತ್ತು ಲೋಹದ ಅಯಾನ್ ಜೊತೆಗೆ ಸಹವೇಲೆನ್ಸೀಯ ಬಂಧಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತು (ಲಿಗ್ಯಾಂಡ್). ಲಿಗ್ಯಾಂಡ್ ಮತ್ತು ಲೋಹದ ಅಯಾನ್‌ಗಳ ಅನ್ಯೋನ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ತೂತುಗಳಿರುವ, ಹಾಗೂ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸ್ಫಟಿಕೀಯ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಔಈ – 5 ಅನ್ನು **(ಚಿತ್ರ 1 ನೋಡಿ)** ಜ಼ಿಂಕ್ ನೈಟ್ರೇಟ್ (ಲೋಹ ಲವಣ) ಜೊತೆಗೆ 1,4–ಬೆಂಜ಼ೀನ್‌ಡೈಕಾರ್ಬಾಕ್ಸೈಲಿಕ್ ಆಮ್ಲವನ್ನು (ಟೆರೆಫ್ತಾಲಿಕ್ ಆಮ್ಲ) ಸೇರಿಸಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 1

ಅಧಿಚೂಷಣೆ (Adsorption): ತಮ್ಮ ಜೊತೆ ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳನ್ನು, ದ್ರವಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಕರಗಿರುವ ಘನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಅಂಟಿಸುವ ಘನ ವಸ್ತುಗಳ ಹೊರ ಅಥವಾ ಒಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಘನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು 'ಅಧಿಚೂಷಕಗಳೆಂದೂ, ಇವು ಬಂಧಿಸುವ ಅನಿಲಗಳು ಅಥವಾ ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು 'ಅಧಿಚೂಷಿತ'ಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಅನಿಲ ಅಥವಾ ದ್ರವವು ಅಧಿಚೂಷಿತಗೊಂಡಾಗ, ಅದು ಘನ ವಸ್ತುವನ್ನು ಭೇದಿಸಿ ಒಳಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ (ಹೀರಿಕೊಂಡಾಗ ಆಗುವಂತೆ) – ಆದರೆ ಅದು ಆ ಘನ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ತೆಳು ಪದರವಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತದೆ.

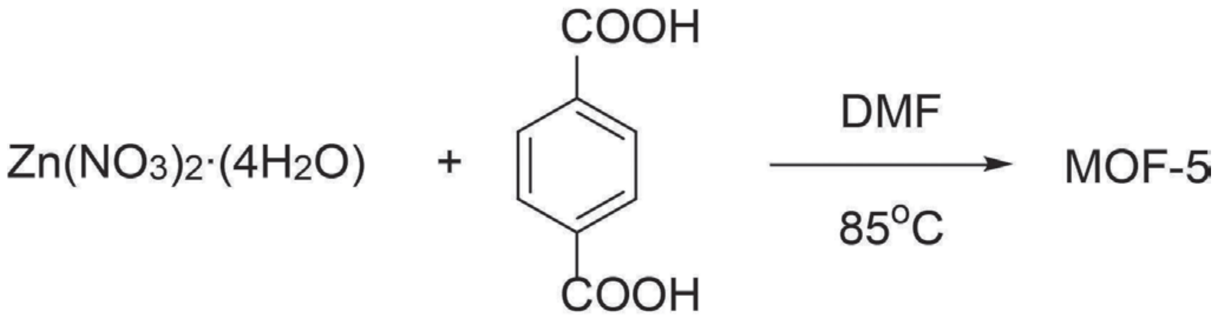
ಒಂದು ಲಿಂಕರ್ ಬಹು ಸಂಯೋಜಿತ ಬಂಧಗಳನ್ನು (coordinate bond) ರೂಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವವರೆಗೂ ಅದನ್ನು ಬಳಸಿ ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು. ಕಳೆದ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಸಾವಿರಾರು ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಜನಪ್ರಿಯವಾದದ್ದು ಊಏಗಖಖ–1, ಇದು ತಾಮ್ರದ ಒಔಈ ಆಗಿದ್ದು, ಹಾಂಕಾಂಗ್ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಇದನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದೆ; ಓಸ್ಲೋ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ನಾರ್ವೆ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಜಿರ್ಕೋನಿಯಂ ಆಧಾರಿತ ಒಔಈ, **ಗುಔ–66**; ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಲವ್ವಸೆ, ಫ್ರಾನ್ಸ್ ವರದಿ ಮಾಡಿದ ಕ್ರೋಮಿಯಮ್ ಆಧಾರಿತ ಒಖಐ–101; ಹಾಗೂ ಓಮರ್ ಯಾಘಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಝಿಂಕ್ ಆಧಾರಿತ ಒಔಈ ಗಳಾದ ಚಿಖಈ–8 ಮತ್ತು ಒಔಈ–74 ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ ಪಡೆದಿವೆ[7]. ಒಔಈ–5 ನೀರಿಗೆ ಒಡ್ಡಿದಾಗ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಬಹುತೇಕ ಆಧುನಿಕ ಒಔಈಗಳು ಗಾಳಿ, ನೀರು, ಮತ್ತು ಹಲವು ಸಾಮಾನ್ಯ ದ್ರಾವಕಗಳಿಗೆ ಒಡ್ಡಿದಾಗಲೂ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಆಮ್ಲ ಮತ್ತು ಪ್ರತ್ಯಾಮ್ಲಗಳಿಗೆ ಒಡ್ಡಿ (ಕೆಲವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು), ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಬನೀಯ ಲಿಗ್ಯಾಂಡ್‌ಗಳನ್ನು ಅಔ$_2$ ಮತ್ತು ನೀರಾಗಿ ಸುಡುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ನಾಶಮಾಡಬಹುದು.ಒಔಈ **ಗಳ ಬಳಕೆಗಳು**

ಎ) ಅನಿಲ ಶೋಷಣ (Gas sorption):

MOFಗಳು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದಿಡುವ ಅಧಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಹೆಸರುವಾಸಿಯಾಗಿವೆ. ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳನ್ನು ದುರ್ಬಲ ಅಂತರ್ ಆಣ್ವಿಕ ಬಲಗಳು ಹಿಡಿದಿಡುತ್ತವೆ. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಗಾತ್ರ ದಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಲು ಅಧಿಕ ಒತ್ತಡದ ಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ; ಆದರೆ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಒಔಈಗಳ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯ ಬಳಕೆಯನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಬಹುದು. ಒಔಈಗಳು ಸಕ್ರಿಯ ಇದ್ದಿಲಿನಂತೆ, ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅಧಿಚೂಷಣೆಯ ಅಥವಾ ಬಾಹ್ಯ ಲಿಪ್ತತೆ ಮೂಲಕ ಹಿಡಿದಿಡುತ್ತವೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 1** ನೋಡಿ). ಸಕ್ರಿಯ ಇದ್ದಿಲಿಗೆ (ಚಿಛಿಣತಿಚಿಣಜಜ ಛಿಚಿಡಿಛಿಂಚಿಟ,) ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿ, ಒಔಈಗಳು ವೈವಿಧ್ಯತೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತ ಒಔಈಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ, ಅಥವಾ ವಿವಿಧ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಬಹುದು.

ಒಔಈ ನ ಒಂದು ಗ್ರಾಮ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ಸುಮಾರು 2500–5000ಟ^2 (2500–5000ಟ2/ರ) ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ವಿಸ್ತಾರವುಳ್ಳ ಅಧಿಕ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತಾರವಿದ್ದು, ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿಡಲು ಇರುವ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಇದೇ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಓಗ–109ಇ ನಂತಹ ಕೆಲವು ಒಔಈ ಗಳು 7000 ಟ^2/ರ ನಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತಾರ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

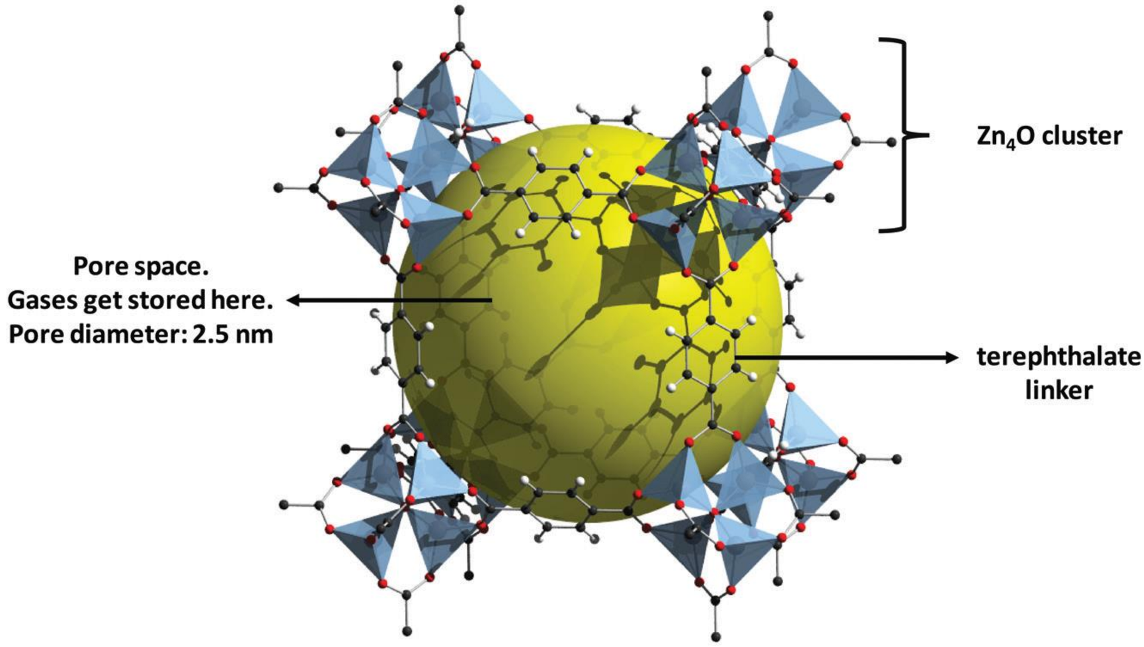
ಒಂದು ಸಾದೃಶ್ಯವನ್ನು ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಗ್ರಾಮ್ ರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಓಗ–109ಇ ಯು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಕ್ಕರೆಯ ಹರಳಿನಷ್ಟಿದ್ದರೂ, ಅದರ ಆಂತರಿಕ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತಾರವು 27 ಟೆನ್ನಿಸ್ ಮೈದಾನಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ[8]! ಅದರ ಆಂತರಿಕ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತಾರದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭಾಗವೂ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅದಿಚೂಷಣೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲವನ್ನು ತುಂಬಲು ಒಔಈಗಳನ್ನು ಬಳಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಬಿಸಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅಥವಾ ನಿರ್ವಾತವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲವನ್ನು ಹೊರ ತೆಗೆದು ವಿಚೋಷಿಸ(ಜಛಿಂಡಿಛ) ಬಹುದು. ನಂತರ ಪ್ರತಿ ಒಔಈ ಅನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಬಾರಿ ಮರು ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದು.



ಟೆರೆಫ್ಥಾಲಿಕ್ ಆಮ್ಲ

ಚಿತ್ರ 1ಎ. ಒಔಈ–5 **ಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ?**

ಅಡಿಜಜುಣ: ಎಂಜಟ ಅಂಡಿಟಿಜಟುಂ. ಖುಳಿಜಛಿಜ: ಅಅ–ಃಜ.



ರಂಧ್ರೀಯ ಜಾಗ. ಔಂಡಿಜ, ಔಚಿಛಿಜ
ಅನಿಲಗಳು ಇಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತವೆ. ಉಚಿಞ ಚಿಡಿಜ, ಣಂಡಿಜಜ ೨ಜಡಿಜ.
ರಂಧ್ರದ ವ್ಯಾಸ: 2.5 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರ್ ಕಂಡಿಜ ಜುಚಿಟಜಣಜಡಿ: 2.5ಟಿಟ

ಚಟಿ$_4$ಔ ಗುಂಪು **ಚಟಿ$_4$ಔ ಛಿಟಣಾಣಜಡಿ**

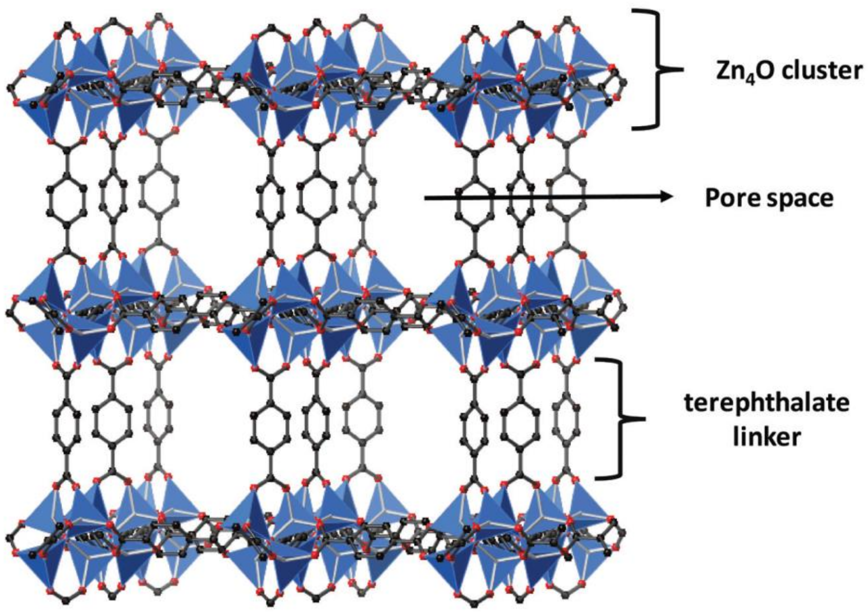
ಟೆರೆಫ್ಥಾಲೇಟ್ ಜೋಡಕ ಣಜಡಿಜಠಿಣಚಿಟಚಿಣಜ ಟುಟಿಞಜಡಿ

ಈುಂ. 1ಛ. ಖ್ಳಿಜ, ಣಡಿಣಾಛಿಣಾಡಿಜ ಂಜಿ ಒಔಈ–5. ಓಂಣುಛಿಜ ಣುಚಿಣ ಚಿಟಟ ಣುಜ ದುಟಿಛಿ ಚಿಣಂಛು (ಡಿಜಔಡಿಜಜಜಟಿಣಜಜ ಛಿಥಿ ಛಿಟಣಾಜ ಣಜಣಡಿಚ್ಲುಜಜಡಿಚಿ) ಚಿಡಿಜ ಚಿಣಣಚಿಛ್ಜಿಜಜ ಣಂ ಚಿ ಛಿಜಟಿಣಡಿಚಿಟ ಂಥಿಥಿಂಜಟಿ ಚಿಣಂಟ (ಎಟಿ ಡಿಜಜ) ಣಂ ಜಿಂಡಿಟ ಚಿ ಚಟಿ4ಔ ಛಿಟಣಾಣಜಡಿ, ಜಜಡಿುತಜಜ ಜಿಡಿಂಟ ದುಟಿಛಿ ಟುಣಡಿಚಿಣಜ. ಖ್ಳಿಜ ಚಟಿ ಚಿಣಂಛು ಚಿಡಿಜ ಚಿಛಂ ಚಿಣಣಚಿಛ್ಜಿಜಜ ಣಂ ಂಥಿಥಿಂಜಟಿ ಚಿಣಂಛು ಎಟಿ ಣಜಡಿಜಠಿಣುಚಿಟುಛಿ ಚಿಛ್ಜಿಜ. ಇಚಿಛ್ಜಿ ಟಂಟಜಛಿಣಾಟಜ ಂಜಿ ಣಜಡಿಜಠಿಣುಚಿಟುಛಿ ಚಿಛ್ಜಿಜ ಟುಟಿಞ ಚಿ ಛಿಂಣಾಔಟಜ ಂಜಿ ಚಟಿ4ಔ ಛಿಟಣಾಣಜಡ್ಜಿ, ಜಿಂಡಿಟುಟಿಂ ಚಿ

ಠಿಂಡಿಜ (ಡಿಜಠಿಡಿಭಜಟಿಣಜಜ ಛಿಥಿ ಣುಜ ಧಿಜಟಟಂತಿ, ಝಜಡಿಜ) ತಿಜಡಿಜ ರಛಿಭ ಚಿಡಿಜ ಣಡಿಚಿಠಿಠಿಜಜ.

ಚಿತ್ರ 1ಬಿ. ಒಔಈ–5 ರ ರಚನೆ. ಜ಼ಿಂಕ್ ನೈಟ್ರೇಟ್‌ನಿಂದ ಪಡೆದಿರುವ ಚಿಟಿ$_4$ಔ ಗುಂಪನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಎಲ್ಲ ಜ಼ಿಂಕ್ ಪರಮಾಣುಗಳೂ (ನೀಲಿ ಟೆಟ್ರಹೆಡ್ರ ರಚನೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟ) ಕೇಂದ್ರೀಯ ಆಮ್ಲಜನಕ (ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದಲ್ಲಿ) ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಜ಼ಿಂಕ್ ಪರಮಾಣುಗಳು ಟೆರಾಫ್ತಾಲಿಕ್ ಆಮ್ಲದಲ್ಲಿರುವ ಆಮ್ಲಜನಕ ದೊಂದಿಗೆ ಕೂಡ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಟೆರಾಫ್ತಾಲಿಕ್ ಆಮ್ಲದ ಪ್ರತಿ ಅಣುವೂ ಒಂದೆರಡು ಚಿಟಿ$_4$ಔ ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಿ, ರಂಧ್ರವನ್ನು ರಚಿಸುತ್ತದೆ (ಹಳದಿ ಗೋಳದಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟ). ಇಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳು ಬಂಧಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಅಡಿಜಜಟಿಣ: ಖಜಛಿಡಿಜಚಿಣಜಜ ಛಿಥಿ ಎಂಜಟ ಅಂಡಿಟಿಜಟುಂ ಘಟಿಂ ಖಿಂಟಿಥಿ ಃಂಜುಟಜ' ಣಜಟಂಠಿಟಚಿಣಜ, ಘಉಟಜಜುಚಿ ಅಂಟಟಂಟಿ. ಗಖಐ: ್ಣಣಠಿ:// ಛಿಂಟಟಂಟಿ.ತಿಉಟಜಜುಚಿ.ಂಡಿಂ/ತಿಉ/ಈಟಜ:ಖಖಒಔಈ–1_ತಿಉ.ಠಿಟಿಂ. ಖಛಿಜಟಿಜ: ಕಣಛಟುಛಿ ಆಂಟಚಿಟಿ.



ಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆ

ಚಿಟಿ$_4$ಔ ಗುಂಪು — **ಚಿಟಿ$_4$ಔ ಛಿಟಣಘಣಜಡಿ**

ರಂಧ್ರೀಯ ಜಾಗ. — **ಠಿಂಡಿಜ, ಠಿಚಿಛಿಜ**

ಟೆರೆಫ್ತಾಲೇಟ್ ಜೋಡಕ — ಣಜಡಿಜಠಿಣುಚಿಟಚಿಣಜ ಟುಟಿಉಜಡಿ

ಚಿತ್ರ 1ಸಿ. ಒಔಈ–5 ಹರಳಿನ ರಚನೆಯ ವಿಸ್ತೃತ ಚಿತ್ರ
ಅಡಿಜಜಟಿಣ: ಎಂಜಟ ಅಂಡಿಟಿಜಟುಂ. ಖಛಿಜಟಿಜ: ಅಅ–ಃಜ.

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ:(ಅಚಿಣಚಿಟಥಿ:) ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕವನ್ನು (ಛಿಚಿಣಚಿಟಥಿಣ) ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವೇಗಗೊಳಿಸುವುದೇ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ. ಅದರಲ್ಲಿ 'ಸಮಸ್ವರೂಪದ' ಮತ್ತು 'ಭಿನ್ನಸ್ವರೂಪದ' ಎಂಬ ಎರಡು ವ್ಯಾಪಕ ವಿಧಗಳಿವೆ. ಸಮಸ್ವರೂಪದ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ದ್ರಾವಕದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ, ಒಮ್ಮೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ಮೇಲೆ, ಈ ಮಿಶ್ರಣದಿಂದ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕವನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಭಿನ್ನ ಸ್ವರೂಪದ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಯಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ ಮಾಡಲು ಅದ್ರಾವ್ಯ (ಕರಗದಿರುವ), ಅಧಿಕ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತಾರವಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಳಸುವುದರಿಂದ, ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕವನ್ನು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾ ಮಿಶ್ರಣದಿಂದ ಸರಳ ಸೋಸುವಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಹಾಗಾಗಿ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಬಹುಪಾಲು ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳು ಭಿನ್ನ ಸ್ವರೂಪದ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ಲಾಟಿನಂನೊಂದಿಗೆ ವೆನೆಡಿಯಂ ಪೆಂಟಾಕ್ಸೈಡ್ ಬಳಕೆ (ಸಲ್ಫ್ಯೂರಿಕ್ ಆಮ್ಲದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ) ಅಥವಾ ನುಣುಪಾಗಿ ಪುಡಿಮಾಡಿದ ಕಬ್ಬಿಣ (ಅಮೋನಿಯಾ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಹೇಬರ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ).

ಅನಿಲಗಳ ಅಧಿಚೂಷಣೆ ಮಾಡಬಲ್ಲ ಒಔಈಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದಾಗಿ, ಅವು ಹಲವಾರು ಆಸಕ್ತಿದಾಯಕ ಅನ್ವಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ವಾಹನ ಉದ್ಯಮ ಇದಕ್ಕೊಂದು ಉದಾಹರಣೆ. ಃಂಖಈ (ಃಚಿಜಿಥಿಜ ಂಟಿಟಿಟಿ ಣಟಿಜ ಖಂಜಚಿ ಈಚಿಛಿಡಿಥಿ) ಎಂಬ ಜರ್ಮನಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಂಪೆನಿಯು ಟ್ರಕ್ ಮಾದರಿ ಫೋರ್ಡ್–5509ನಂತಹ ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ ಅಓಉ (ಅಂಟಿಠಿಡಿಜಜಜ ಓಚಿಣಣಡಿಚಿಟ ಉಛಿ) ಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಒಔಈ–ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಸಿಲಿಂಡರ್‌ಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದೆ. ಒಔಈಗಳು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಿಲಿಂಡರ್‌ಗಳ ಸಂಗ್ರಹಣಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ 2–3 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಗ್ರಹ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಸಿಲಿಂಡರ್‌ಗಳನ್ನು ಮರು ತುಂಬಿಸಬೇಕಾದ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದು ಗಮನಾರ್ಹ ಅನುಕೂಲ ಎನ್ನಿಸಿದರೂ, ಒಔಈ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಾಹನಗಳು ಮಾರಾಟಕ್ಕಿನ್ನೂ ಬರಬೇಕಿದೆ. 2014ರಲ್ಲಿ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಸಂಭವಿಸಿದ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಕಚ್ಚಾ ತೈಲ ಬೆಲೆ ಇಳಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಅಓಉ ಬಹಳಷ್ಟು ಅಗ್ಗವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿತು ಮತ್ತು ಇಂತಹ ವಾಹನಗಳನ್ನು ವಾಣಿಜ್ಯ ರೀತ್ಯಾ ತಯಾರಿಸುವುದರ ಆರ್ಥಿಕ ಉತ್ತೇಜಕವನ್ನು ತಗ್ಗಿಸಿತು[10].

ಮತ್ತೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ, ಓಣಒಚಿಣ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿಗಳಂತಹ ಕಂಪೆನಿಗಳು ಆರ್ಸೀನ್ (ಂಙಊ3), ಫಾಸ್ಫೀನ್ (ಕಊ3), ಅಥವಾ ಬೋರಾನ್ ಟ್ರೈಫ್ಲೂರೈಡ್ (ಃಈ3) ಗಳಂತಹ ವಿಷಕಾರಿ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಬಹುದಾದ (ಖಔಓ–ಫಿ7 ಎನ್ನುವ) ಒಔಈ–ಸಿಲಿಂಡರ್‌ಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿವೆ. ಅರೆವಾಹಕಗಳ ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಅನಿಲಗಳು ಪ್ರಮುಖ ಅನ್ವಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಇವು ಬಹಳ ವಿಷಯುಕ್ತವಾಗಿದ್ದು, ಉಸಿರಾಟದ ಮೂಲಕ ಶರೀರ ಸೇರಿದರೆ, ಗಂಭೀರವಾದ ಹಾನಿಯುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಒಔಈ–ಸಹಿತ ಸಿಲಿಂಡರ್‌ಗಳು ಈ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತವೆ. ಅನಿಲಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡ ಪ್ರದೇಶಗಳತ್ತ ಹರಿಯುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಗುಣದಿಂದಾಗಿ, ಇದು ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿಲ್ಲದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೂಡ, ಅವುಗಳ ಸೋರಿಕೆಯ ಸಂಭವವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ[10].

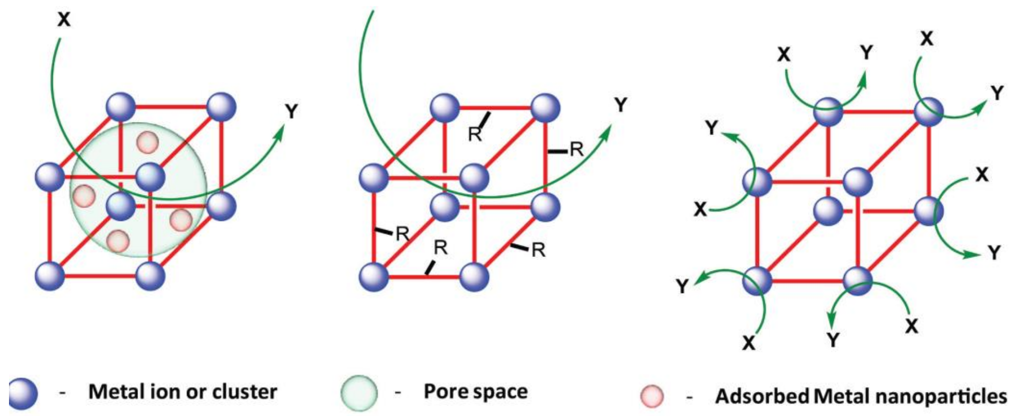
(ಬಿ) ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ (ಅಚಿಣಚಿಟಥಿ)

ಅನಿಲ ಅಧಿಚೂಷಣೆಯೊಂದೇ (ಂಡಿಠಿಣಟಿ) ಒಔಈ ಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣವಲ್ಲ – ತಮ್ಮ ಅತ್ಯಧಿಕ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತಾರಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಅವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಗೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವೆನಿಸಿವೆ (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ). ಒಔಈ

– ಆಧಾರಿತ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ ಮೂರರಲ್ಲೊಂದು ಕಾರ್ಯತಂತ್ರವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಔಈ ಗಳ ರಂಧ್ರಗಳೊಳಗೆ ಲೋಹೀಯ ನ್ಯಾನೋ ಕಣಗಳನ್ನು ಅಧಿಚೂಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ರಂಧ್ರಗಳೊಳಗೆ ಹರಡುವ (**ಆಜಿಜಿಣಾಜ**) ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳು, ಅಧಿಚೂಷಿತವಾಗಿರುವ ನ್ಯಾನೋಕಣಗಳ ಜೊತೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸಿ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. (**ಚಿತ್ರ 2ಎ** ನೋಡಿ). ಇದನ್ನು ಆಲ್ಕೀನ್‌ಗಳ ಹೈಡ್ರೋಜನೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಎಪಾಕ್ಸೈಡ್, ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಾಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ಮೆಥನಾಲ್‌ಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ (**ಚಿತ್ರ 2ಬಿ** ನೋಡಿ).

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಆಲ್ಡಾಲ್ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ: ಇದು ಆಲ್ಡಾಲ್ ಎಂಬ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಎರಡು ಕಾರ್ಬೊನಿಲ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು (ಇಂಗಾಲ–ಆಮ್ಲಜನಕಗಳ ದ್ವಿಬಂಧಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು) ಒಳಗೊಂಡಿದೆ.

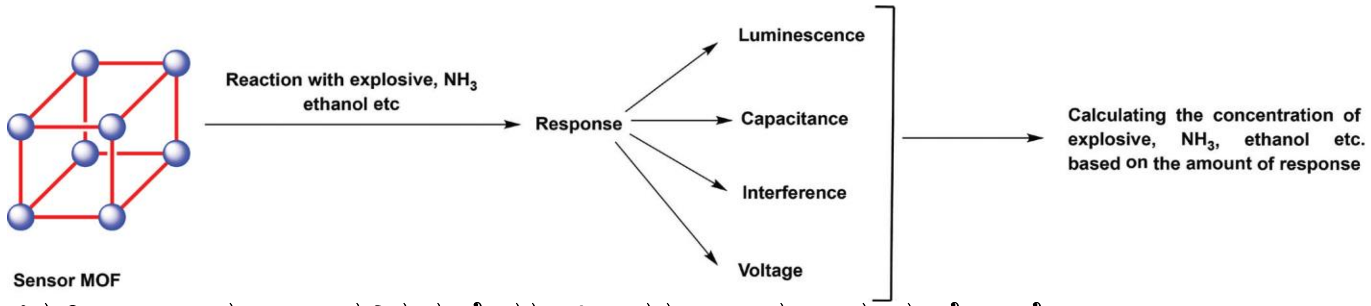
ಘಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ--> ಒಔಈ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕ--> ಙ ಉತ್ಪನ್ನ



ಲೋಹೀಯ ಅಯಾನ್ ಅಥವಾ ಗುಂಪು
ಸರಂಧ್ರ ಜಾಗ
ಅಧಿಚೂಷಿತ ಲೋಹದ ನ್ಯಾನೋಕಣಗಳು

ಚಿತ್ರ 2. ಒಔಈ ಆಧಾರಿತ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರಗಳು. ಘಿ ಮತ್ತು ಙ ಗಳು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ. ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ಘನಾಕಾರಗಳಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಜೋಡಕಗಳನ್ನು, ಘನಾಕಾರವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಕೆಂಪು ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ನೀಲಿ ಗೋಳಗಳು ಲೋಹದ ಅಯಾನ್‌ಗಳು ಅಥವಾ ಗುಂಪುಗಳು. (ಎ) ಒಔಈ **ನ ರಂಧ್ರದ ಜಾಗವನ್ನು ಲೋಹದ ನ್ಯಾನೋಕಣಗಳಿಗೆ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕ ಬೆಂಬಲವಾಗಿ ಬಳಸುವುದು. (ಬಿ) ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಜೋಡಕಗಳನ್ನು ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕ ಗುಂಪುಗಳೊಂದಿಗೆ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲಗೊಳಿಸುವುದು (ಖ ನಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲಾಗಿದೆ). (ಸಿ) ಲೋಹದ ಅಯಾನ್ ಅಥವಾ ಗುಂಪನ್ನು ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಗೆ ಬಳಸುವುದು.**

ಅಡಿಜಜುಣ: ಎಂಜಟ ಅಂಡಿಟಜಟುಂ. ಋಛಿಜಟಛಿಜ: ಅಅ–೭ಜ.



ಚಿತ್ರ 3 ಒಔಈ **ಅನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂವೇದಕವಾಗಿ ಬಳಸಲು ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಯೋಜನೆ**

ಅಡಿಜಜುಣ: ಎಂಜಟ ಅಂಡಿಟಿಜಟುಂ. ಖಿಛಿಜಛಿಜ: ಅಅ–ಃಙ.

(ಚಿತ್ರ ವಿವರಣೆ)

(ಃಜಟಂತಿ ಣುಜ ಛಿಣಾಛಿಜ)

ಖಜಛಿಂಡಿ ಒಔಈ **ಸಂವೇದಕ** ಒಔಈ

(ಂಭಂತಜ ಣುಜ ಚಿಡಿಡಿಂತಿ)

ಖಜಚಿಛಿಣುಂಟಿ ತಿಣು ಜಥಿಠಿಟಥುತಜ ಓಊ2, ಎಥನಾಲ್ ಇತ್ಯಾದಿ

ಓಊ2 ಜಣುಚಿಟಿಂಟ ಜಣಛಿ ಸ್ಫೋಟಕದೊಂದಿಗೆ ಕ್ರಿಯೆ

(ಂಡಿಡಿಂತಿ ುಜಚಿಜ)

ಖಜಠಿಂಟಛಿಜ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ

(ಂಡಿಡಿಂತಿ ಣಂರಿ ಣಂ ಛಂಣಣಂಟ)

ಐಣಾಟುಟಿಜಛಿಜಟಿಛಿಜ ದೀಪ್ತಿ
ಅಚಿಠಿಚಿಛಿಣಚಿಟಿಛಿಜ ಧಾರಕತೆ
ಖಟಿಣಜಡಿಜಿಜಡಿಜಟಿಛಿಜ ವ್ಯತಿಕರಣ
ಗಿಂಟಣಚಿರಜ ವೋಲ್ಟೇಜ್

(ಂಡಿಡಿಂತಿ ುಜಚಿಜ ಚಿಜಿಣಜಡಿ ಣುಜ, ಡಣಾಚಿಡಿಜ ಛಡಿಚಿಛಿಇಜಣ)

ಅಚಿಟಛಿಣಟಚಿಣುಟಿರಿ ಣುಜ ಛಿಂಟಿಛಿಜಟಿಣಡಿಚಿಣುಂಟಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಸ್ಫೋಟಕ ಎಥನಾಲ್
ಂಜಿ ಜಥಿಠಿಟಥುತಜ, ಓಊ2 ಜಣುಚಿಟಿಂಟ ಜಣಛಿ ಇತ್ಯಾದಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು

ಬಾಕ್ಸ್ 4 ಮೈಕೇಲ್ ಸಂಕಲನ: ಇದು ಅ–ಅ ಅಪರ್ಯಾಪ್ತ ಕಾರ್ಬೊನೈಲ್ ಸಂಯುಕ್ತವು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯೋಫೈಲ್ ನೊಂದಿಗೆ (ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಯನ್ನು ದಾನ ಮಾಡಬಲ್ಲ ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ) ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಸಿದಾಗ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 5 ದೀಪ್ತಿ: ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಯಾವುದೇ ಶಕ್ತಿಗೆ (ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರತು ಪಡಿಸಿ) ಒಳಪಡಿಸಿದಾಗ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರ ಸೂಸುವ ಕ್ರಿಯೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಆಪಾತ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ರೂಪದಲ್ಲಿರಬಹುದು (ದ್ಯುತಿ ದೀಪ್ತಿ), ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲಗಳು (ಯಾಂತ್ರಿಕ ದೀಪ್ತಿ), ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ (ವಿದ್ಯುದೀಯ ದೀಪ್ತಿ) ಅಥವಾ ಶಬ್ದದ ರೂಪದಲ್ಲಿರಬಹುದು (ಶಬ್ದ ದೀಪ್ತಿ). ಒಂದು ದೀಪ್ತಿ ಶೀಲ ವಸ್ತು ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರ ಸೂಸುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಉದಾಹರಣೆ, ಹೊಳೆಯುವ ಕಡ್ಡಿಗಳು, 'ಕತ್ತಲಲ್ಲಿ ಹೊಳೆಯುವ' ಕೈಗಡಿಯಾರ, ರಸ್ತೆ ಸಂಕೇತಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ.

ಬಾಕ್ಸ್ 6. ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂವೇದಕಗಳು: ಇತರ ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ವರ್ತಿಸಿ, ವೋಲ್ಟೇಜ್, ಧಾರಕತೆ, ದೀಪ್ತಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಭೌತ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬಹುದಾದಷ್ಟು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತರುವ ಅಣುಗಳು. ಅವು ಗ್ಲೂಕೋಸ್ ಮಾಪಕಗಳು (ರಕ್ತದಲ್ಲಿನ ಗ್ಲೂಕೋಸ್ ಮಟ್ಟ ಅಳೆಯಲು) ಮತ್ತು ಉಸಿರು ವಿಶ್ಲೇಷಕಗಳು (ಉಸಿರಿನಲ್ಲಿ ಆಲ್ಕೊಹಾಲ್ ಮಟ್ಟ ಅಳೆಯಲು) ಮುಂತಾದ ಅನ್ವಯಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯುಕ್ತ.

ಮತ್ತೊಂದು ಕಾರ್ಯತಂತ್ರದಲ್ಲಿ, ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧಕ ಚಟುವಟಿಕೆಯುಳ್ಳ (ಗ್ವಾನಿಡೀನ್, ಫೀನೈಲಲಾನೀನ್, ಪ್ರೋಲೀನ್, ಇಮಿಡಾಜೋಲ್ ಮುಂತಾದ) ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ಒಔಈ ಗಳ ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಲಿಗ್ಯಾಂಡ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಜೋಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ಆಲ್ಡಾಲ್ ಕ್ರಿಯೆಗಳು (**ಬಾಕ್ಸ್ 3** ನೋಡಿ), ಮೈಕೇಲ್ ಸಂಕಲನ (ಬಾಕ್ಸ್ 4 ನೋಡಿ), ಇತ್ಯಾದಿ ಕೆಲವು ಮೂಲಭೂತ ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಮೂರನೆಯ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರದಲ್ಲಿ, ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಯು ಒಔಈ ಗಳ ಲೋಹದ ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿ ಜರುಗುತ್ತದೆ (**ಚಿತ್ರ 2**ಸಿ ನೋಡಿ). ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಟೈಟಾನಿಯಂ ಆಧಾರಿತ ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಜೀಗ್ಲರ್–ನಟ್ಟಾ ಕ್ರಿಯೆಯ (ಎಥಿಲೀನ್‌ಅನ್ನು ಪಾಲಿಎಥಿಲೀನ್ ಆಗಿ ಪಾಲಿಮರೀಕರಿಸುವುದು) ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆ ಮಾಡಲು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಶ್ರೇಷ್ಠ (ಟಿಂಛಟಜ) ಲೋಹಗಳ (ರೋಡಿಯಂ, ಪ್ಲಾಟಿನಂ, ರುಥೇನಿಯಂ ಅಥವಾ ಪೆಲಾಡಿಯಂಗಳಂತಹ ಲೋಹಗಳು) ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಔಈಗಳು ಹೈಡ್ರೋಜನೀಕರಣ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯೆಂದು ಸಾಬೀತಾಗಿದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧ್ನೆ ಮಾಡಬಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಥಿರವಾದ ಒಔಈಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವತ್ತ ನಡೆದಿದೆ[11].

(ಸಿ) ದೀಪ್ತಿ

ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳಾದ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಯೂರೋಪಿಯಮ್, ಡಿಸ್‌ಪ್ರೋಸಿಯಮ್ ಇತ್ಯಾದಿ) ದೀಪ್ತಿಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪೋರ್ಫಿರೀನ್‌ಗಳು, ವರ್ಣಗಳು) ಬಳಸಿ[12, 13] ತಯಾರಿಸಿ ಒಔಈ ಗಳನ್ನು ದೀಪ್ತಿಶೀಲವಾಗಿಸಬಹುದು (ಬಾಕ್ಸ್ 5 ನೋಡಿ). ಒಔಈ ಗಳು ಯಾವುದೇ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಬಣ್ಣದಲ್ಲಿ ದೀಪ್ತಿ ಸಾಧಿಸಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪರಿಶುದ್ಧ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ಒಔಈ ಗಳು ಬೆಳಕಿನ ದೀಪ ಉದ್ಯಮದಲ್ಲಿ (ಟುಢಿಣುಟಿರ ᴊಟಿಜಣಡಿಥಿ) ಪ್ರಮುಖ ಅನ್ವಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ[14].

(ಡಿ) ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂವೇದಕಗಳು

ಅತ್ಯಂತ ಸಾಮಾನ್ಯ ವರ್ಗದ ಒಔಈ ಸಂವೇದಕಗಳು (**ಬಾಕ್ಸ್ 6** ನೋಡಿ) ದೀಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬಹುದಾದಷ್ಟು ಬದಲಾವಣೆ ತರಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಆಧರಿಸಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಟೆಟ್ರಫಿನೈಲೀನ್ ಜೋಡಕಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಔಈಗಳನ್ನು, ಸ್ಫೋಟಕಗಳು ಮತ್ತು ಭಾರಲೋಹ ಅಯಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಸ್ಫೋಟಕಗಳಲ್ಲಿನ ನೈಟ್ರೋ ಗುಂಪುಗಳು (ಓಔ$_2$) ಮತ್ತು ಒಔಈಗಳಲ್ಲಿನ ಜೋಡಕಗಳ ನಡುವೆ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಂಧಗಳ ರಚನೆಯು ದೀಪ್ತಿಯ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ವರ್ಗದ ಒಔಈ ಸಂವೇದಕಗಳು ಧಾರಕತೆಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ತರುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಆಧರಿಸಿವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 25 ೮ಿ೮ಿಛ (೮ಿಚಿಡಿಣ ೮ಿಜಡಿ ಛುಟಟುಠಟಿ) ನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಅಮೋನಿಯಾ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಲ್ಲವು[15]. ಮೂರನೆಯ ವರ್ಗದ ಒಔಈ ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಎಥನಾಲ್, ಪ್ರೋಪೇನ್, ಮತ್ತು ನೀರುಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತಿಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬಹುದಾದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ (**ಚಿತ್ರ 3** ನೋಡಿ)[16].
ಒಔಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂವೇದಕಗಳ ಬಳಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಸ್ತುತ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಯುಳ್ಳ ಸರಳ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಗುರಿಹೊಂದಿವೆ. ಒಂದೇ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಶ್ಲೇಷಕಕ್ಕೆ ಸ್ಪಂದಿಸಬಲ್ಲ ಒಔಈ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯು ನಿಜಕ್ಕೂ ಬಹಳ ಕಷ್ಟಕರವಾಗಿದ್ದು ಈಗ ಅದೇ ಸಕ್ರಿಯ ಸಂಶೋಧನಾ ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿದೆ.

ಕೊನೆಯ ಮಾತು

ಕಳೆದ ಎರಡು ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಔಈಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಸಾಕಷ್ಟು ವಿಸ್ತರಿಸಿದೆ. 1999ರಲ್ಲಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲಾದ ಕೆಲವು ಒಔಈಗಳೊಂದಿಗೆ ಆರಂಭಿಸಿ, ಪ್ರಸ್ತುತ ಪ್ರತಿ ವರ್ಷವೂ ಕಡೇ ಪಕ್ಷ 6000 ಹೊಸ ಒಔಈ ಗಳ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಕಟವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಸಂಶೋಧನೆಯು ಅನಿಲ ಅಧಿಚೂಷಣೆ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾವರ್ಧನೆಯಿಂದ ಹಿಡಿದು ದೀಪ್ತಿ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂವೇದಕಗಳವರೆಗೆ ಅವುಗಳ ವಿವಿಧ ಅನ್ವಯಗಳ ಬಳಕೆಯನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಿದೆ. ಅದು ಹೊಸ ಹೊಸ ಅನ್ವಯಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ ಕಟ್ಟಡಗಳನ್ನು ಬಿಸಿಯಾಗಿ ಡುವುದು ಮತ್ತು ತಂಪಾಗಿರಿಸುವುದು, ಆರೋಗ್ಯ ರಕ್ಷಣೆಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮಜೀವಿನಿರೋಧಕ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದು, ಗಾಳಿಯಿಂದ ತೇವಾಂಶವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾವರಗಳಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಮಲಿನ ಹೊಗೆಯಿಂದ ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಮುಂತಾದ ಹೊಸ ಹೊಸ ಅನ್ವಯಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ತೆರೆದಿದೆ. ಈ ಸುಧಾರಣೆಗಳು ಸಹವೇಲೆನ್ಸಿಯ ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳು ಅಥವಾ ಅಔಈ (ಅಠತಚಿಟಜಟಿಣ ಔಡಿರಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಠಡಿಞ17) ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಜನ್ಯ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರಿತ ಪದಾರ್ಥ ಊಗಛ (ಊಥಿಛಡುಜ ಗಟಣಡಿಚಿಟುಛಿಡಿಠ೮ಿಠಡಿಠಣಾ ಒಚಿಣಜಡುಚಿಟ18) ಗಳೆಂಬ ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಯ ರಂಧ್ರೀಯ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಚಾಲನೆಗೊಳಿಸಿದೆ.

ಇಂದು ಒಔಈಗಳು ಎದುರಿಸುತ್ತಿರುವ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲೆಂದರೆ, ಕಾರ್ಬನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಜೋಡಕಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಬೇಕಾದ ವಿಶೇಷ ವಿಧಾನಗಳು ಹಾಗೂ ವಿಶೇಷ ಕೌಶಲಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬೇಕಾದರೆ ತಗಲುವ ಅಧಿಕ ಖರ್ಚು! ಒಔಈ ಆಧಾರಿತ ಕೆಲವು ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಮೊದಲ ಕಂತು 2016ರಲ್ಲಿ[10] ಮುಕ್ತ ಮಾರುಕಟ್ಟೆಗೆ ಬಂದಿರುವ ಕಾರಣ ಇದು ಹೆಚ್ಚು ದಿನ ಸವಾಲಾಗಿ ಉಳಿಯಲಾರದು ಎಂಬ ಭರವಸೆ ತಂದಿದೆ.

****

ಟಿಪ್ಪಣಿ: ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಮೂಲ:: ಒಔಈ–5. ಖಿಂಟಿಥಿ ಃಂಜುಟಜ, ಫಾಿಉಟಜಜುಚಿ ಅಂಟಟಂಟ. ಗಖಐ:
ಾಣಣಠಿ://ಛಿಂಟಟಂಟ.ತಿುಿಟಜಜುಚಿ.ಂಡಿಡ/ತಿುಿ/
ಈುಟಜ:ಒಔಈ–5.ೀಟಿರ. ಖುಛಿಜಟಛಿಜ: ಅಅ–ಃಜ–ಖಂ.

ಆಕರಗಳು

1. ಓಜಟಛಂಟ ಎ. ಆ & ಅಚಿಡಿಛಜಛಿಿ ಎ. (2017). "ಔಜಜಿ–ಉಡುಜ ಆಜತುಛಿಥ ಆಡಿಚಿತಿ ಆಡುಟಿಿಟಿರ ಫಾಚಿಣಜಡಿ ಜಿಡಿಂಟ ಆಡಿಥಿ ಯಡಿ". ಖುಛಿಜಟಿಣುಜುಛಿ ಂಟಜಡುಛಿಚಿಟ. ಗಖಐ: ಾಣಣಠಿ://ತಿತಿತಿ.ಛುಜಟಿಣುಜುಛಿಚಿಟಜಡುಛಿಚಿಟ.ಛಿಂಟ/ಚಿಡಿಣುಛಿಟಜ/ಾಚಿಡಿತಜಣುಟಿರ–ಛಿಟಜಚಿಟ–ತಿಚಿಣಜಡಿ–ಜಿಡಿಂಟ–ಚುಡಿ/
2. ಫಾಂಡಿಟಜ ಇಛಿಂಟಿಂಟುಛಿ ಈಂಡಿಣಟ. ಖಿಂಠಿ 10 ಇಟಜಡಿರುಟಿರ ಖಿಜಛುಿಟಿಂಟಂರುಫ 2017. ಗಖಐ: ಾಣಣಠಿ://ತಿತಿತಿ3.ತಿಜಜಿಂಡಿಣಟ.ಂಡಿಡ/ಜಂಛಿ/ಫಾಇಈ_ಖಿಂಠಿ_10_ಇಟಜಡಿರುಟಿರ_ಖಿಜಛುಿಟಿಂಟಂರುಫ_ಡಿಜಠಿಂಡಿಣ_2017.ಠಜಜಿ.
3. ಃಚಿಣಣಜಟ ಖ.ಖ ಜಣ ಚಿಟ. (2013). ಖಿಜಡಿಟುಟಿಂಟಂರಥಿ ಂಜಿ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ಚಿಟಿಜ ಅಂಂಡಿಜುಟಿಚಿಣುಂಟ ಕಂಟಥಿಟಜಢ (ಖಗಕಂಅ ಖಜಛಿಂಟಟಜಟಿಜಚಿಣುಂಟ 2013). ಕಣಾಡಿಜ ಚಿಟಿಜ ಂಠಿಠಿಟುಜಜ ಅುಜಟುಣಡಿಥಿ
85, 8 (2013): 1715.
4. ಗಿಚಿಣಾರುಚಿಟ ಔ. (1999) ಕಂಡಿಂಣಾ ಚಿಡಿಣುಜುಛುಿಚಿಟ ಛಿಡಿಥಿಣಚಿಛ. ಓಚಿಣಾಡಿಜ ಬಿಟಫಣಂಟಿಫ ಅಡಿಥಿಣಚಿಟಟಂಡಿಚಿಂರುಥಿ. ಗಖಐ: ಾಣಣಠಿ://ತಿತಿತಿ.ಟಚಿಣಾಡಿಜ.ಛಿಂಟ/ಬುಟಫಣಂಟಿಫ/ಬುಟಜಛಿಡಿಥಿಣಚಿಟ/ಜಿಣಟಟ/ಬುಟಜಛಿಡಿಥಿಣಚಿಟ22ಾಣಟಟ.
5. ಊಠಿಿಉಟ ಃ. ಈ. & ಖಂಛಂಟ ಖ. (1990). ಆಘುಂಟ ಚಿಟಿಜ ಅಂಟಿಣಡಿಣಾಛಿಣುಂಟ ಂಜಿ ಚಿ ಓಜತಿ ಅಟಛಿ ಂಜಿ ಖಛಿಚಿಜಿಜಿಂಟಜುಟಿರ–ಖುಿಜ ಒಚಿಣಜಡುಚಿಟ ಅಂಟಂಡಿಘುಟಿರ ಖಟಿಜುಟುಣಜ ಕಂಟಥಿಟಜಡುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ಂಜಿ
3ಆ–ಖಟಿಿಜಜ ಒಂಟಜಛಿಣಟಚಿಡಿ ಖಂಫ. ಎಂಣಾಡಿಟಿಚಿಟ ಂಜಿ ಣುಜ ಂಟಜಡುಛಿಚಿಟ ಅುಜಟುಛಿಚಿಟ ಖಂಛುಿಜಣಥಿ 112, 4: 1546–54.
6. ಖ ಊ. ಜಣ ಚಿಟ. (1999). ಆಘುಂಟ ಚಿಟಿಜ ಖಥಿಟಿಣುಘು ಂಜಿ ಚಿಟ ಇಥಛಿಜಠಿಣುಂಟಚಿಟಟಥಿ ಖಣಚಿಛಟಜ ಚಿಟಿಜ ಊುರುಟಥಿ ಕಂಡಿಂಣಾ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ. ಓಚಿಣಾಡಿಜ 402, 6759: 276–79.
7. ಈಣಾಡಿಣಿಚಿತಿಚಿ, ಊ. ಜಣ ಚಿಟ. (2013). ಖುಜ ಅುಜಟುಣಡಿಥಿ ಚಿಟಿಜ ಂಠಿಠಿಟುಛಿಚಿಣುಂಟ ಂಜಿ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ. ಖುಛಿಜಟಿಛಿಜ 341, 6149: 1230444.
8. ಈಚಿಡಿುಚಿ ಔ. ಏ. ಜಣ ಚಿಟ. (2012). ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ಒಚಿಣಜಡುಚಿಟ ತಿಣು ಗಟಣಡಿಚುರು ಖಣಾಡಿಜಿಚಿಛಿಜ ಂಡಿಜಛಿ: ಖ ಣುಜ ಖಿಥಿ ಣುಜ ಖುಟುಣ? ಎಂಣಾಡಿಟಿಚಿಟ ಂಜಿ ಣುಜ

134, 36: 15016–21.
9. ಚಜುಟಿಣಟ ಅ. (2014). ಓಜತಿ ಖಿಜಛುಿಟಿಂಟಂರಥಿ ಒಚಿಿಫ ಓಚಿಣಾಡಿಚಿಟ ಉಛಿ ಒಚಿಡಿಿಜಣಚಿಛಟಜ. ಃಂಖಈ ಖಇ ಗಖಐ: ಾಣಣಠಿ://ತಿತಿತಿ.ಚಿಣಾಣಂಟಂಣುತಜ.ಛಿಜಿ.ಛಿಂಟ/ಟಂಜಿ_ಣಜಛುಿಟಿಂಟಂರಥಿ_ಟಚಿಣಾಡಿಚಿಟ_ರಛಿ/.
10. ಓಂಣಟಚಿಟ ಓ. (2017). ಒಔಈ ಈುಟಿಜ ಚಿ ಗಜ. ಖುಜ ಖಂಥಿಚಿಟ ಖಂಛುಿಜಣಥಿ ಂಜಿ ಅುಜಟುಣಡಿಥಿ. ಗಖಐ: ಾಣಣಠಿ://ತಿತಿತಿ.ಛುಜಟುಣಡಿಥಿತಿಂಡಿಟಜ.ಛಿಂಟ/ಜಿಜಚಿಣಾಡಿಜ/ಟಂಛಿ–ಜುಟಿಜ–ಚಿ–ಣಾಜ/2500508.ಚಿಡಿಣುಛಿಟಜ.
11. ಉಛಿಛಿಂಟ ಎ. ಜಣ ಚಿಟ. (2013). ಒಜಣಚಿಟ ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ಅಚಿಣಚಿಟಥು: *ಕಣಾಂ ಗಿಚಿಥು?* ಂಅಖ ಅಚಿಣಚಿಟಥು 4, 2: 361–78.
12. ಫಾಜಟ ಜ. ಜಣ ಚಿಟ. (2017). ಖಟಿಣಡಿಂಜಣಾಛಿಣುಂಟ ಂಜಿ ಖಜಜ–ಉಡಿಜಜಟ–ಃಟಣಾಜ ಈಟಣಾಂಡಿಫಛಿಜಟಿಣ ಆಥಿಫ ಾಟಿಣಂ ಚಿ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ಜಿಂಡಿ ಖಿಣಾಚಿಛಟಜ ಫಘುಣಜ ಖುರುಣ ಇಟುಂಟ. ಂಜತಚಿಟಿಛಿಜಜ ಒಚಿಣಜಡುಚಿಟ 29, 37: 1700778.
13. ಫಾಚಿಟಿರ ಫಿ. ಜಣ ಚಿಟ. (2017). ಊುರುಟಥಿ ಇಜಿಜುಛಿಜಟಿಣ ಫಘುಣಜ–ಖುರುಣ ಇಟುಂಟ ಚಿಟಿಜ ಗಗಿ–ಗ್ುಛಟಜ/ಓಖ ಐಣಾಟುಟಿಫಛಿಜಟಿಛಿಜ ಖಜಛುಟಿರ ಂಜಿ ಐಚಿಟಿಣುಚಿಟುಜಜ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ. ಅಡಿಥಿಣಚಿಟ
ಉಡಿಂತಿಣು & ಆಘುಂಟ 17, 4: 2178–85.
14. ಖಚಿತಚಿ ಆ. ಈ. ಜಣ ಚಿಟ. (2012). ಖಟಿಣಡುಛುಿ ಃಡಿಂಚಿಜ–ಃಚಿಟಿಜ ಫಘುಣಜ–ಖುರುಣ ಇಟುಂಟ ಛಥಿ ಚಿ ಖಿಣಾಟಿಜಜ, ಅಂಡಿಡಿಣಾಂಚಿಣಜಜ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ. ಎಂಣಾಡಿಟಿಚಿಟ ಂಜಿ ಣುಜ ಂಟಜಡುಛಿಚಿಟ ಅುಜಟುಛಿಚಿಟ
ಖಂಛುಿಜಣಥಿ 134, 9: 3983–86.
15. ಖುಣಾಣಂತಚಿ ಓ. ಃ. ಜಣ ಚಿಟ. (2013). ಖಜಟಜಛಿಣುತಜ ಖಿಣಾಡಿಟ–ಂಟ ಂಟಟಂಟುಚಿ ಖಜಛುಟಿರ ಇಟಿಚಿಛಟಜಜ ಛಥಿ ಊುರು–ಖಿಜಟಠಿಜಡಿಚಿಣಾಡಿಜ ಈಟಣಾಂಡಿಫಛಿಜಟಿಛಿಜ ಾಟ ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ತಿಣು ಔಠಿಜಟ ಒಜಣಚಿಟ
ಖುಣಂಫ. ಎಂಣಾಡಿಟಿಚಿಟ ಂಜಿ ಣುಜ ಂಟಜಡುಛಿಚಿಟ ಅುಜಟುಛಿಚಿಟ ಖಂಛುಿಜಣಥಿ 135, 36: 13326–9.
16. ಏಡಿಜಟಠಿ, ಐ. ಇ. ಜಣ ಚಿಟ. (2012). ಒಜಣಚಿಟ–ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ ಒಚಿಣಜಡುಚಿಟ ಛಿ ಅುಜಟುಛಿಚಿಟ ಖಜಛಿಂಢ. ಅುಜಟುಛಿಚಿಟ ಖಜತುಜತಿ 112, 2: 1105–25.
17. ಅಣ್ವ ಂ. ಕ. ಜಣ ಚಿಟ. (2005). ಕಂಡಿಂಣಾ, ಅಡಿಥಿಣಚಿಟಟುಟಿಜ, ಅಂತಚಿಟಜಟಿಣ ಔಡಿಂಚಿಟುಛಿ ಈಡಿಚಿಟಜತಿಂಡಿಿ. ಖುಛಿಜಟಿಛಿಜ 310, 5751: 1166–70.
18. ಏಣಾಟಚಿಡಿ ಂ. ಜಣ ಚಿಟ. (2017). ಊಥಿಛಡುಜ ಗಟಣಡಿಚಿಟುಛಿಡಿಂಠಿಂಡಿಂಣಾ ಒಚಿಣಜಡುಚಿಟ (ಊಗಛ) ತಿಣು ಇಟುಚಿಟಿಛಿಜಜ ಖಣಚಿಛುಟುಣಥಿ ಚಿಟಿಜ ಖಿಡಿಚಿಛಿಜ ಅಚಿಡಿಛಂಟ ಅಚಿಂಣಾಡಿಜ ಕಜಡಿಜಿಂಡಿಟಚಿಟಿಛಿಜ. ಅುಜಟುಛಿಚಿಟ ಅಂಟಟಣಾಟುಛಿಚಿಣುಂಟ 53, 44: 5946–49.

ಜೋಯಲ್ ಕಾರ್ನೆಲಿಯೊ ಮಂಗಳೂರಿನವರು. ಅವರು ಮಂಗಳೂರಿನ ಸೇಂಟ್ ಅಲೋಶಿಯಸ್ ಕಾಲೇಜಿನಲ್ಲಿ (ಸ್ವಾಯತ್ತ) ಸಹಾಯಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿ (2013–2015) ಮತ್ತು ಮುಂಬೈನ ಟಾಟಾ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಂಡಮೆಂಟಲ್ ರಿಸರ್ಚ್ (ಟಿಐಎಫ್‌ಆರ್) ನಲ್ಲಿ ಜೂನಿಯರ್ ರಿಸರ್ಚ್ ಫೆಲೋ ಆಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ, ಅವರು ಮಾಸ್ಸೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಪಾಮರ್ಸ್ಟನ್ ನಾರ್ತ್, ನ್ಯೂಜಿಲೆಂಡ್‌ನಲ್ಲಿ ಪಿಎಚ್‌ಡಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾಗಿರುತ್ತಾರೆ.

ಅನುವಾದ: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ ಪರಿಶೀಲನೆ: ಕ್ಷಮಾ ಭಾನುಪ್ರಕಾಶ್