ನೀರು

ಎಂಬ ಅಚ್ಚರಿಯ ಅಣು

ಯಾಸ್ಮಿನ್ ಜಯತೀರ್ಥ

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಜೀವಿಗಳ ಹುಡುಕಾಟ ಮಾಡುವಾಗ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಹುಡುಕಾಟವನ್ನು ಏಕೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ? ನೀರಿನ ಲೋಟವೊಂದರಲ್ಲಿ ಮಂಜು ಗಡ್ಡೆ ಏಕೆ ತೇಲುತ್ತದೆ? ಉಳಿದ ದ್ರವಗಳಿಗಿಂತ ನೀರು ಹೇಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ? ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ದಿನನಿತ್ಯ ನೀರಿನ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ವಿವಿಧ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ವಿಷಯ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನೊಂದು ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಷಯವನ್ನಾಗಿಸುವುದು ಲೇಖಕರ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗಿದೆ.

ನೀರು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ವಸ್ತು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳ ಹೊರತು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅದು ಚೆಲ್ಲಿದಾಗ, ತುಂಬಿತುಳುಕಿದಾಗ, ಮಳೆ ಬಂದಾಗ..... ಅಥವ ನಮಗೆ ಬಹಳ ಬಾಯಾರಿಕೆಯಾಗಿ ನೀರು ಬೇಕೆನಿಸಿದಾಗ, ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನೀರು ಖಾಲಿಯಾದಾಗ, ಮಳೆ ಬಾರದಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಸ್ವಲ್ಪ ಗೊಣಗಾಡುತ್ತೇವೆ ಅದು ಬಿಟ್ಟರೆ ಉಳಿದಂತೆ ಹಿಂದು ಮುಂದು ಯೋಚಿಸದೆ ನಾವು ನೀರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ.

ನೀರು ನಮ್ಮೆಲ್ಲರ ಜೀವನಗಳಲ್ಲಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳಲ್ಲೂ ಒಟ್ಟಾರೆ ಭೂ ಗ್ರಹದಲ್ಲೇ ಹಲವಾರು ಪಾತ್ರಗಳನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಇಂಜಿನಿಯರ್‌ಗಳು ಎಲ್ಲರೂ ನೀರಿನ ಬಗ್ಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಇಂದಿಗೂ ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ಇದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ ಏಕೆಂದರೆ ನೀರು ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಅಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸೂತ್ರ ಬಹಳ ಸರಳ– H_2O, ಬಹುಶಃ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಕಲಿಯುವ ಅತಿ ಸುಲಭವಾದ ಸೂತ್ರ.

ಫೆಲಿಕ್ಸ್ ಫ್ರಾಂಕ್ ಎಂಬ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ನೀರಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಗುಣಲಕ್ಷಣದ ಬಗ್ಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ಕೆಳಕಂಡ ದಂತಕಥೆಯನ್ನು ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ: ಆತ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಬಗ್ಗೆ ಉಪನ್ಯಾಸ ಕೊಡಲು ರೈಲಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು. ಅವರು ಪ್ರಯಾಣಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಬೋಗಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅದೇ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಕೆಲಸಕ್ಕಾಗಿ ಸಂದರ್ಶನ ನೀಡಲು ಹೊರಟಿದ್ದರು. ಆತ ಫ್ರಾಂಕ್‌ನ ಉಪನ್ಯಾಸದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯನ್ನು ಕೇಳಿದ ಕೂಡಲೇ ಬಹುಶಃ ಈ ರೀತಿ ಹೇಳಿದನಂತೆ 'ಎಲ್ಲರಿಗೂ ನೀರಿನ ರಚನೆ H_2O ಅಂತ ಗೊತ್ತೇ ಇದೆಯಲ್ಲ' ಮುಂದುವರೆದು ಫ್ರಾಂಕ್ ಹೀಗೆನ್ನುತ್ತಾರೆ 'ಆತನಿಗೆ ಕೆಲಸ ಸಿಗಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ನಾನು ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ'

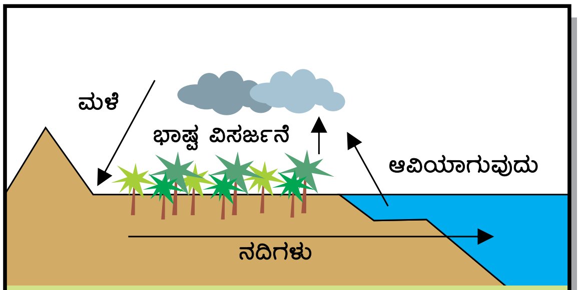
ನೀರು ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಯಾವ ಪಾತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ ನೋಡೋಣ?

1. ಜೀವಿಸಲು ಒಳ್ಳೆಯ ಪರಿಸರವನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.
2. ನಿರ್ಮಾಣ ವಸ್ತುವಾಗಿ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.
3. ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ದ್ರಾವಕ.
4. ಸಣ್ಣ ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಸ್ತು ಹಾಗೂ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಯ್ಯುವ ಮಾಧ್ಯಮ
5. ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ನಿರೋಧಕ
6. ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಹವಾಮಾನ ಮಂದಕ/ ನಿಯಂತ್ರಕ
7. ಶೈತ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ
8. ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಅಭಿಕಾರಕ \ ಅಥವಾ ರೀಏಜೆಂಟ್

ಬಹುಶಃ ನೀರಿನ ಪ್ರಯೋಜನಗಳು ಇನ್ನೂ ಬಹಳಷ್ಟಿದ್ದು, ಮೇಲ್ಕಂಡ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕಾರ್ಯಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧ ಹೊಂದಿವೆ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲ ಜೀವನವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅನೇಕ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ನಮಗೆ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ.

ಈಗ ನಾವು ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ನೋಡೋಣ. ನಮಗೆಲ್ಲರಿಗೂ ನೀರಿನ ಆವರ್ತದ ಅಥವಾ ಜಲಚಕ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲ್ಪಟ್ಟ ನೀರಿನ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಮಾಣ ಗೊತ್ತಾದರೆ ನಮಗೆ ನಿಜಕ್ಕೂ ಆಶ್ಚರ್ಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

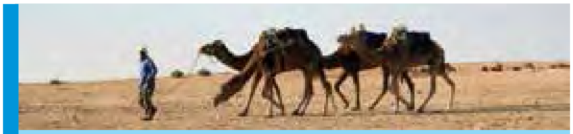
ಜಗತ್ತಿನಾದ್ಯಂತ ಎಲ್ಲಾ ಹವಾಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಮುದ್ರ, ನದಿ, ಕೆರೆ, ಕೊಳ, ಕುಂಟೆ ಮತ್ತು ಮರಗಳು ಜೀವಿಗಳಿಗೆ ಉತ್ತಮ ವಾಸಸ್ಥಾನಗಳಾಗಿವೆ. ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಕೊಳ ಅಥವಾ ಗುಂಡಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ತಕ್ಷಣ ಅದರಲ್ಲಿ ಜೀವಕಳೆಯು ತುಂಬಿ ತುಳುಕುತ್ತದೆ ಏಕೆಂದರೆ ಸೊಳ್ಳೆಯ ಮರಿಹುಳಗಳು ಎಲ್ಲಿಂದ ಬರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಾವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಮೀನುಗಳು ಮತ್ತು ಸಸ್ಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಏನೆಂದು ಹೇಳೋಣ. ಅವು ಅಲ್ಲಿಗೆ ಹೇಗೆ ಬರುತ್ತವೆ? ಮೊಟ್ಟೆಗಳು ಮತ್ತು ಸಸ್ಯಗಳ ಬೀಜಗಳು ಮಳೆ ಬರುವವರೆಗೂ ಅಲ್ಲೇ ಒಣಗಿ ಮಳೆ ಬಂದ ನಂತರ ಮರಿಗಳು ಹುಟ್ಟುತ್ತಾ, ಬೀಜಗಳು ಮೊಳಕೆಯೊಡೆದು ಹೊಸ ಜೀವಿಗಳು ಹುಟ್ಟುತ್ತಾ ನೀರಿನ ಒಳಗೂ ಮತ್ತು ಹೊರಗೂ ವಾಸಿಸುತ್ತವೆ.



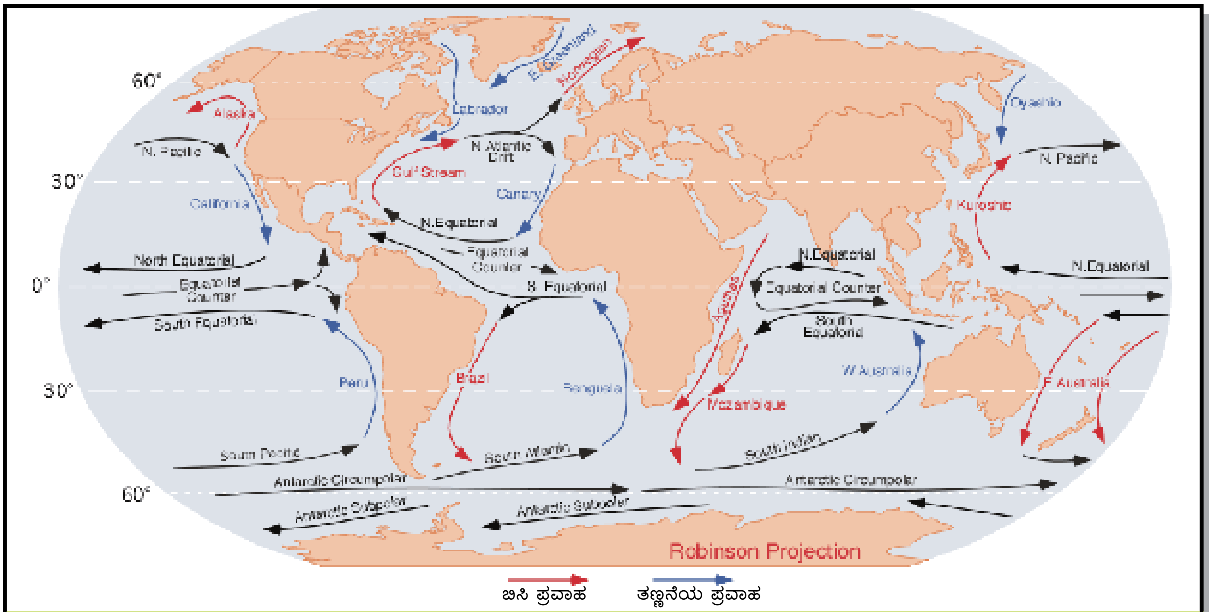
ಜಲಚಕ್ರ

Source: http://www.teacherplus.org/lets-experiment/the-chemistry-of-water/attachment/le-fig_water

ಜೀವಿಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ನೀರು ಏಕೆ ಆವಶ್ಯಕ? ರಾಸಾಯನಿಕಗಳು ಕರಗಲು ಮತ್ತು ಅಭಿಕಾರಕವಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸಂಭವಿಸಲು ನೀರು ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಮಾಧ್ಯಮ. ಯಾವುದೇ ಇತರ ಸಂಯುಕ್ತ ಬೇರೆ ವಸ್ತು ಜೀವವನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಷ್ಟೇ



ಒಂಟೆಗಳು ತಮ್ಮ ಡುಬ್ಬದಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಂಡು ಬಹಳ ದೂರ ದೂರದವರೆಗೂ ನೀರು ಕುಡಿಯದೆ ಪ್ರಯಾಣಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವು ತಮ್ಮ ಗೂನಿನಲ್ಲಿ ಕೊಬ್ಬನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಕೊಬ್ಬು ನಿರೋಧಕವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಮೂಲವಾಗಿಯೂ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಆಹಾರದ ಚಯಾಪಚಯ (ಮೆಟಬಾಲಿಸಂ) ದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ನೀರು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ಇದು ಎಲ್ಲ ಜೀವಿಗಳ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ನೀರಿನ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಪೂರೈಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಕೊಬ್ಬಿನ ಚಯಾಪಚಯದಿಂದ ಒಂದು ಗ್ರಾಂಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನೀರು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಒಂಟೆಗಳು ನೀರು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಎರಡನ್ನೂ ತಮ್ಮ ಡುಬ್ಬದಿಂದಲೇ ಪಡೆದು, ಅನೇಕ ದಿನಗಳವರೆಗೆ ಆಹಾರ ಮತ್ತು ನೀರನ್ನು ಸೇವಿಸದೆ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ ಕೆಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂಟೆಯ ಡುಬ್ಬ ನೀರಿನ ಮೂಲವಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಡುಬ್ಬದಲ್ಲಿರುವ ಕೊಬ್ಬಿನ ಚಯಾಪಚಯಕ್ಕೆ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದ್ದು ಉಸಿರಾಟದ ಮೂಲಕ ದೇಹದ ನೀರಿನ ಅಂಶ ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದು ಅವರ ವಾದ.



ಸಾಗರ ಪ್ರವಾಹಗಳು
Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_current . *Public domain*
Dr. Michael Pidwirny (see http://www.physicalgeography.net) - http://blue.utb.edu/paullgj/geog3333/lectures/physgeog.html

ಅಲ್ಲದೇ ಬೇರೆ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿ ಸಲಹಲು ಸಾಧ್ಯವೇ? ಕ್ಸಿನೋಬಯಾಲಜಿಸ್ಟ್ (ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಜೀವಿಗಳಿದ್ದಾರೆಂದು ನಂಬಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳುಗಳೂ ಈ ರೀತಿ ಯೋಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಅನ್ಯಲೋಕದ ಜೀವಿಗಳ ಹುಡುಕಾಟವೂ ಸಹ ಈ ವಿಶ್ವವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬೇರೆಡೆ ಎಲ್ಲಾದರೂ ನೀರು ಇದೆಯೇ ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನೀರು ಲಭ್ಯವಿದ್ದು ಇದರ ಉಪಯೋಗ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಜೀವ ವಿಕಾಸವಾಗಿದೆ.

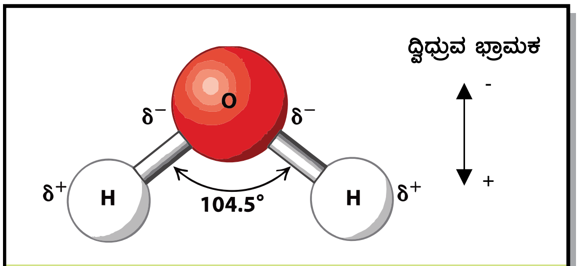
ಜೀವಿಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ವಾಸಿಸುವ ನಾವು ನೀರನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬಂದಾಗ, ನೀರನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಲು ವಿಕಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ನಮ್ಮೊಳಗೆ ನೀರನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ನಮ್ಮ ಪೀಳಗೆ ಬೆಳೆಯಲು ನೀರು ಇರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಂಡೆವು. ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳ ಗುಂಪು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಗೆಹರಿಸಿಕೊಂಡಿತು. ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಇದೊಂದು ಅತ್ಯದ್ಭುತವಾದ ಸಂಗತಿಯಾಗಿದೆ.

ನೀರು ಮಳೆ/ಮಂಜಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಬರುವಾಗ ಗಾಳಿಯಿಂದ ಇಂಗಾಲ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅನ್ನು ಲೀನಗೊಳಿಸುತ್ತಾ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಖನಿಜಗಳನ್ನು (ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸುಣ್ಣಕಲ್ಲು $CaCO_3$ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ) ಕರಗಿಸುತ್ತಾ ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ಭೂಗರ್ಭ ಅಥವಾ ಸಮುದ್ರವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಕಾಲ್ಷಿಯಂ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಬೋನೇಟ್ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಸಮುದ್ರದ ಜೀವಿಗಳು ತಮ್ಮ ಚಿಪ್ಪು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ.

ನೀರು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಹರಿದಂತೆ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಭೌತಿಕ ಶಿಥಿಲೀಕರಣದಿಂದ ಕಣಿವೆ ಮತ್ತು ಗಿರಿಕಂದರಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಕಾಲುವೆ, ನದಿ ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರದ ಮೂಲಕ ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಾರಿಗೆಯಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಜನಗಳು ಹಡಗಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವಾಸ ಮಾಡುವಾಗ ಆಯಾ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಮಾರುತವನ್ನಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೇ ಆಯಾ ಕಾಲದ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ಸಂಚರಿಸುತ್ತಾರೆ. ದೊಡ್ಡ ಪ್ರವಾಸದ ಹಡಗುಗಳೂ ಸಹ ಇಂಧನ ಉಳಿಸಲು ಮಹಾಸಾಗರಗಳ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ನೀರಿನ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ (ಗಲ್ಫ್ ಸ್ಟ್ರೀಮ್, ಎಲ್ ನೀನೋ ಇತರೆ) ಸಹ ಹವಾಮಾನದ ಮೇಲೆ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುತ್ತವೆ.

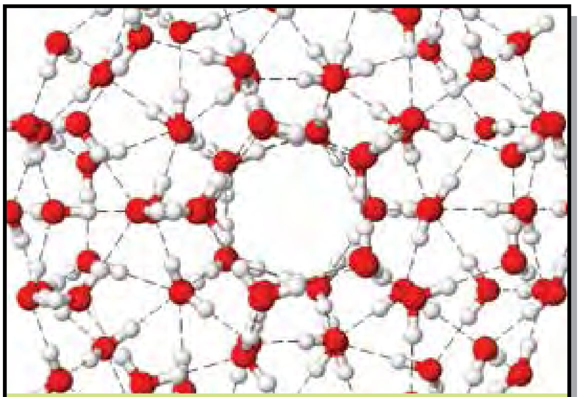
ನೀರಿನ ಯಾವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಅಂಶ ಅದನ್ನು ಇಷ್ಟೊಂದು ವಿಶಿಷ್ಟವನ್ನಾಗಿಸಿದೆ? ಇದರ ಸೂತ್ರ

ಕೇವಲ H_2O, ಅಂದರೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನೊಂದಿಗೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿದೆ (ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರವನ್ನು ನೋಡಿ). ಈ ಅಣುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಂಡಿದ್ದು, ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗಿಂತ ಅತಿ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ತನ್ನೆಡೆ ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಅದರ ಒಂದು ಕೊನೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಧನಾತ್ಮಕವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಋಣಾತ್ಮಕವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ದ್ವಿಧೃವ ಭ್ರಾಮಕ (dipolar movement) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇದು ನೀರಿನ ಅಣುಗಳನ್ನು ಧನಾತ್ಮಕತೆಯಿಂದ ಋಣಾತ್ಮಕತೆಯೆಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆಮ್ಲಜನಕವು ಕೆಲವು ಬಂಧಿತವಾಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಾರಣ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಧನಾತ್ಮಕವಾದ ಜಲಜನಕ ಬಂಧಗಳ ಮೂಲಕ ದುರ್ಬಲವಾಗಿ ಬಂಧಿತವಾಗಿದೆ. ಇವು ಬಹಳ ದುರ್ಬಲ ಬಂಧಗಳು (ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಂಧಗಳಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗ ಮಾತ್ರ) ಆದರೆ ಇದು ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಉಳಿದ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿರದ ಅಪೂರ್ವ ಗುಣವಾದ ಅಸಂಗತ (ಅನೋಮಲಸ್) ವರ್ತನೆಯನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣಬಹುದು.



H2O ಅಣು ಮತ್ತು ಅದರ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ

ನೀರಿನ ಆಣ್ವಿಕ ಭಾರ 18. ಇದೇ ಆಣ್ವಿಕ ಭಾರ ಹೊಂದಿರುವ ಇತರೇ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳು ಕೊಠಡಿಯ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳಾಗಿವೆ. ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಂಧಕಗಳ ಮೂಲಕ ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಣವನ್ನು ದೂರವೆಳೆಯಲು ಶಕ್ತಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಕೊಠಡಿಯ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ನೀರು ದ್ರವವಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದರಿಂದ 0°C ಇಂದ 100°C ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ನೀರು ದ್ರವವಾಗಿರುತ್ತದೆ.


ದ್ರವ ರೂಪದ ನೀರಿನ ರಚನೆ

ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ ನಾವು ಕೇವಲ ನೀರನ್ನು ಮಾತ್ರ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲೂ ಕಾಣಬಹುದು– ಘನ (ಮಂಜು ಗಡ್ಡೆ), ದ್ರವ (ನೀರು) ಮತ್ತು ಅನಿಲ (ನೀರಾವಿ).

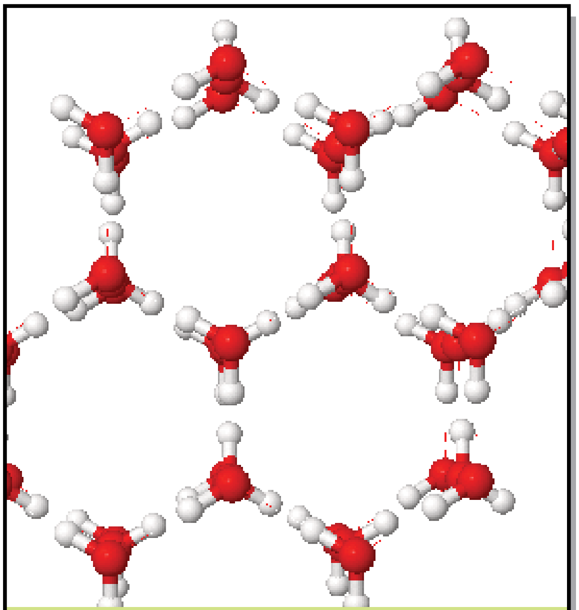
ನೀರಿನ ಕೆಲವು ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಅದರ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಂಧಕಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ನೀರಿನ ಉಷ್ಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಬಹಳ ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ ಅಂದರೆ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 1° ಸೆಲ್ಷಿಯಸ್ ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದರೂ ಬಹಳ ಶಕ್ತಿ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಹಾಗೆಯೇ ತಣ್ಣಗಾಗಬೇಕಾದರೂ ಬಹಳ ಶಾಖವನ್ನು ಅದು ಹೊರಹಾಕುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಜೀವಿಗಳಲ್ಲಿ ಚಯಾಪಚಯ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಸುವಾಗಲೂ ಸಹ ಸಾಕಷ್ಟು ಉಷ್ಣ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತಿದ್ದು, ಇದನ್ನು ದೇಹದ ನೀರು ಹೀರಿಕೊಂಡರೂ ಅದರ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಮೂಲಗಳು ಅದರ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಭೂ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಡಲು ಬೇಸಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಒಳನಾಡಿಗಿಂತ ಕರಾವಳಿ ಮತ್ತು ಅದರ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ತಾಪಮಾನ ಹೆಚ್ಚು

ಅನೇಕ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ನೀರಿನ ಘನೀಭವನ ಬಿಂದು ಮತ್ತು ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಿರಬಿಂದುವನ್ನಾಗಿಸಿವೆ. ಸೆಲ್ಷಿಯಸ್ ಮಾಪಕ ಇದನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 0°C ಮತ್ತು 100°C ಗುರುತಿಸಿದೆ. ಫಾರನ್‌ಹೈಟ್ ಮಾಪಕವು ಕನಿಷ್ಠವನ್ನು ಉಪ್ಪು/ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮಿಶ್ರಣದ ತಾಪಮಾನವಾದ 0° ಮತ್ತು ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು 212° ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿದೆ.

ಮಿತವಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವಿವರಣೆ ಕಡಲ ಮಂದ ಮಾರುತಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಹಗಲಿನಲ್ಲಿ ಸಮುದ್ರ ತೀರದಲ್ಲಿ ತಾಪಮಾನ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಬಿಸಿ ಗಾಳಿ ಮೇಲಕ್ಕೆದ್ದು, ತಂಪಾದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಮುದ್ರದಿಂದ ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಇದೇ ವಿದ್ಯಮಾನ ಕಾಲಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಾನ್ಸೂನ್‌ಗಳಿಗೆ (ಮಳೆಯ ಮಾರುತ ಗಳಿಗೆ) ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನೇ ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಈಜುಕೊಳಗಳು ಬೇಸಿಗೆಯಲ್ಲಿ ತಂಪಾಗಿಯೂ (ನೀರು ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗದ ಕಾರಣ) ಮತ್ತು ತಂಪಾದ ಹಗಲುಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಸಿಯಾಗಿಯೂ (ಹೆಚ್ಚು ತಂಪಾಗದ ಕಾರಣ) ಇರುತ್ತವೆ.

ಮಂಜು ಕರಗುವಿಕೆಗೆ ಮತ್ತು ಆವಿಯಾಗುವಿಕೆಗೆ ನೀರು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಶಾಖವನ್ನು ಬಳಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ನೀರು 0°C ನಲ್ಲಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಿಂದ ಅದೇ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಾಗಲೂ ಮತ್ತು 100°C ನೀರಿನಿಂದ ಅದೇ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಆವಿಯಾಗಲು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿ ಬಹಳ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಚಯಾಪಚಯ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ದೇಹದಿಂದ ಹೊರಹಾಕಲು ಮತ್ತು ದೇಹವನ್ನು ತಂಪಾಗಿಸಲು ಸಸ್ಯಗಳು ಬಾಷ್ಪ ವಿಸರ್ಜನೆ (ಟ್ರಾನ್ಸ್‌ಪಿರೇಷನ್‌)ಯ ಮೂಲಕ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಬೆವರುವಿಕೆಯಿಂದ ನೀರನ್ನು ಆವಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿಡುತ್ತವೆ.

ನೀರಿನ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅದರ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಂಧಕಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ನೀರಿನ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಕಡಿಮೆ ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಹತ್ತಿರವಾಗುತ್ತವೆ ಅಂದರೆ ದ್ರವಗಳು ತಣ್ಣಗಾದಾಗ ಕುಗ್ಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕುಗ್ಗುವಿಕೆ ದ್ರವಗಳು ಘನಿಸುವವರೆಗೂ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತದೆ. ಆದಕಾರಣ, ಘನವಸ್ತುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ದ್ರವಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನೀರು ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ಅದು 4°ಸೆಂ. ತಲುಪುವವರೆಗೂ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಾ, ಅನಂತರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಬರುತ್ತದೆ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ದ್ರವರೂಪಿ ನೀರಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ತೇಲುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ನೋಡಿದಾಗಲೇ ನಮಗಿದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವು ಶೀತ ವಾತಾವರಣದ ಜಲಚರಗಳ ಮೇಲೆ ಅಗಾಧವಾಗಿ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹವಾಮಾನ ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತಿದ್ದಂತೆ, ಮೇಲ್ಮೈ ನೀರು ತಂಪಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮುಳುಗುತ್ತಾ ಕೆಳಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ನೀರಿನ ತಾಪಮಾನ 4°ಸೆಂ. ಆಗುವವರೆಗೂ ಮುಂದುವರೆದು ನಂತರ ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯಿರುವ ತಣ್ಣನೆಯ ನೀರು ಮೇಲೆ ಇರುತ್ತದೆ. ನೀರು ಘನಿಸಿದಾಗ ಈ ಕ್ರಿಯೆ ಮೇಲಿನಿಂದ ಆರಂಭವಾಗಿ ಉಳಿದ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ~ 4°ಸೆಂ. ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿಯೇ ಜಲಚರಗಳು ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಸುಮಾರು ಬೆಚ್ಚನೆಯ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬದುಕುಳಿಯುತ್ತವೆ. ಮತ್ತೊಂದೆಡೆ, ಘನಿಸಿದಾಗ ಸರೋವರದ ಬಂಡೆಗಲ್ಲುಗಳ ಸಂದಿನಲ್ಲಿರುವ ನೀರು ಹಿಗ್ಗುವುದರಿಂದ ಅವು ಬಂಡೆಗಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಭೌತಿಕವಾಗಿ ಶಿಥಿಲವಾಗಿಸುತ್ತವೆ.



ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ರಚನೆ

ನೀರಿನ ಹಲವಾರು ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು ಈ ರೀತಿಯ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತವೆ – ಉಷ್ಣಾಂಶದೊಡನೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ತಾಪಮಾನ ಬದಲಾಗದೆ ಕೇವಲ ಕನಿಷ್ಠ ಮತ್ತು ಗರಿಷ್ಠ ತಾಪಮಾನವನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

1. ಆದರೆ ಉಳಿದ ದ್ರವಗಳು ನಿಧಾನಗತಿಯಲ್ಲಿ ಏರಿಕೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತವೆ. ನೀರಿನ ತಾಪಮಾನ ಏರಿದಂತೆ ಉಷ್ಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ 35°C ರಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠವಾಗುತ್ತದೆ.

2. ಸಂಪೀಡನಾಶೀಲತೆ (ಕಂಪ್ರೆಸ್ಸಿಬಿಲಿಟಿ)– ನೀರನ್ನು ಸಂಪೀಡಿಸುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟಕರ. ಉಳಿದ ದ್ರವಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿ ನೀರಿನ ಸಂಪೀಡನಾಶೀಲತೆ~ 46°ಸೆಂ. ನಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಈ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಜೀವಿಗಳು (ಸಸ್ಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿ) ಅದನ್ನು ತಮ್ಮ ಮೂಲ ಹಂದರ ವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಸಸ್ಯ ಜೀವಕೋಶಗಳು ಸದಾ ಉಬ್ಬಿದ್ದು, ನೀರಿನ ಅಂಶವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ತಕ್ಷಣವೇ ಬಾಡುತ್ತವೆ. ಲೋಳೆ ಮೀನು, ಎರೆ ಹುಳ ಮತ್ತು ಇತರ ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಗೆ ನೀರೇ ಅದರ ಅಸ್ಥಿಪಂಜರ.
3. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಶಬ್ದದ ವೇಗ – 74°C ತನಕವೂ ಏರುತ್ತಿದ್ದು, ನಂತರ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ನೀರು ಉಳಿದ ದ್ರವಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಲು ಇವು ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ಕೆಲವು ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು ಮಾತ್ರ. ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಹುಡುಕುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿವೆ.

ಕೊಠಡಿಯ ತಾಪಮಾನದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಸಡಿಲ ಸಮೂಹಗಳಲ್ಲಿದ್ದು ಜಲಜನಕ ಬಂಧಗಳಿಂದ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ನೀರು ತಣ್ಣಗಾಗುತ್ತಿದ್ದಂತೆ, ಈ ಸಮೂಹಗಳು ದೂರ ದೂರ ಸರಿದು ಒಂದೊಂದೂ ನಾಲ್ಕು ಜಲಜನಕ ಬಂಧಗಳುಳ್ಳ ತೆರೆದ ಕೊನೆಯ ಜೋಡಣೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಗೆ ನೀರಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೆರೆದ ರಚನೆ ಇದ್ದು, ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ನಿರೋಧಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದೆ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗಲು ಆರಂಭವಾದಾಗ, ಸುಮಾರು ~ 15% ಜಲಜನಕ ಬಂಧಗಳು ವಿಭಜನೆಗೊಂಡು ಅದರ ಪರಿಮಾಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಶಕ್ತಿಯ ಪೂರೈಕೆ ಬಹಳವಾಗಿದ್ದು, ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಏರಿಕೆಯಾಗಿ, ಅನೇಕ ಜಲಜನಕ ಬಂಧಗಳು ವಿಭಜನೆಗೊಂಡು ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಹೆಚ್ಚಳಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ದೂರ ದೂರ ಚಲಿಸಿ, ದ್ರವ ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡೂ ವಿರುದ್ಧಾತ್ಮಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಮತೋಲನ ನೀರಿಗೆ 4°C ರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ತೆರೆದ ಮತ್ತು ಮುಚ್ಚಿದ ಜಲಜನಕ ಬಂಧ ರಚನೆಗಳ ನಡುವೆ ಈ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಸಂಭವಿಸಿದಾಗ ನೀರಿನ ಅಸಂಗತ (ಅನೋಮಲಸ್) ರಚನೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳೇ ನೀರನ್ನು ಸಂಶೋಧನಾ ರಂಗದಲ್ಲಿ ಆಕರ್ಷಕ ವಿಷಯವನ್ನಾಗಿಸಿದೆ.

__ಯಾಸ್ಮಿನ್ ಜಯತೀರ್ಥ__ ಈಗ ಬೆಂಗಳೂರಿನ ಸೆಂಟರ್ ಫಾರ್ ಲರ್ನಿಂಗ್ ನಲ್ಲಿ ಬೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ಐಐಟಿ, ಮುಂಬೈನಿಂದ ಎಮ್.ಎಸ್‌ಸಿ ಮತ್ತು ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆ, ಬೆಂಗಳೂರು ನಿಂದ ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಪಿಎಚ್‌ಡಿ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಲೂಯಿಸ್ವಿಲ್ಲೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಮತ್ತು ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆಯಿಂದ ಪೋಸ್ಟ್ ಡಾಕ್ಟೋರಲ್ ಪದವಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿದ್ದಾರೆ. __ಅನುವಾದಕರು:__ ಚಂದ್ರಿಕಾ ವಿಜಯೇಂದ್ರ