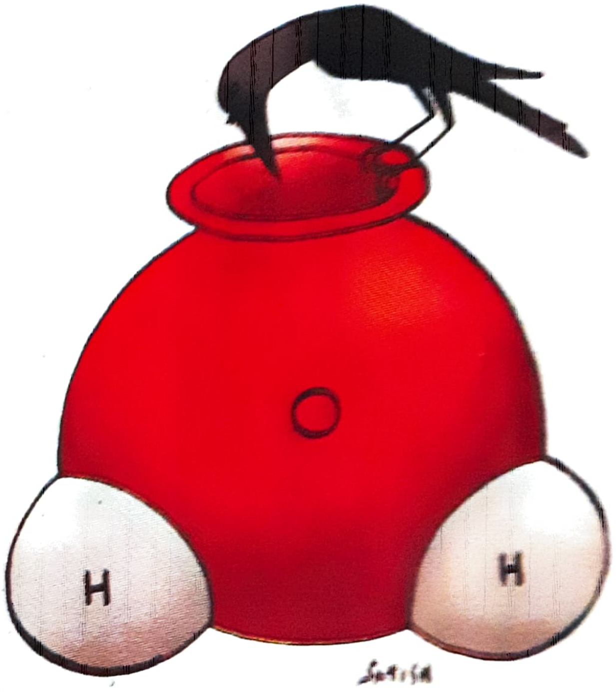
സാധാരണ ചട്ടക്കൂട്ടുകളിലൊന്നും ഒതുങ്ങാത്തവിധം വിചിത്രവും വ്യത്യസ്തവുമായ സ്വഭാവവിശേഷങ്ങളാണ് ജലത്തിനുള്ളത്.

വേറിട്ട സ്വഭാവങ്ങളുള്ള വെള്ളം

ഡോ.പി.ജ്യോതി*

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഗുണങ്ങൾ അതിന്റെ തന്മാത്രാഘടനയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. സമാനമായ തന്മാത്രാവലിപ്പവും ഘടനയും ഉള്ള മറ്റു സംയുക്തങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വെള്ളം വളരെ വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്നുവെന്ന് കാണാം. ഉയർന്ന അളവിലുള്ള ദ്രവണാങ്കവും തിളനിലയും ലേയത്വവും, ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള കുറഞ്ഞ സാന്ദ്രതയും ജലത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകളാണ്. ഈ സവിശേഷഗുണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനമെന്തെന്നു പരിശോധിക്കാം.



ജലതന്മാത്രയിലെ ചാർജ് രൂപവത്കരണം

ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രാസൂത്രം H_2O ആണല്ലോ. ഇതിൽ ഓക്സിജന്റെ ഇലക്ട്രോ നെഗറ്റിവിറ്റി (രാസബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന രണ്ട് ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിൽ പങ്കുവെക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോൺ ജോഡിയെ അതിന്റെ സമീപത്തേക്കു വലിച്ചടുപ്പിക്കാൻ ആ ബന്ധനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഓരോ ആറ്റത്തിനുമുള്ള കഴിവാണ് ഇലക്ട്രോ നെഗറ്റിവിറ്റി) ഹൈഡ്രജന്റേതിനെക്കാൾ അധികമായതിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഓക്സിജന്റെ അടുത്തേക്ക് ഭാഗികമായി നീങ്ങുന്നു. ഇത് ഓക്സിജനു ചുറ്റും കൂടിയ ഇലക്ട്രോൺ സാന്ദ്രതയും ഹൈഡ്രജനു ചുറ്റും കുറഞ്ഞ ഇലക്ട്രോൺ സാന്ദ്രതയും ഉണ്ടാവാൻ കാരണമായിത്തീരുന്നു.

ഇപ്രകാരം ചാർജ് ധ്രുവീകരണം നടക്കുന്നതിനാൽ ജലതന്മാത്രയിൽ നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള ഒരു ധ്രുവവും പോസിറ്റിവ് ചാർജുള്ള മറ്റൊരു ധ്രുവവും ഉണ്ടാവുന്നു. ഈ ദ്വി ധ്രുവരൂപവത്കരണം മൂലം ഒരു ജലതന്മാത്രയിലെ നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള ഓക്സിജൻ അഗ്രവും അടുത്തുള്ള മറ്റൊരു ജലതന്മാത്രയിലെ പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള ഹൈഡ്രജൻ അഗ്രവും തമ്മിൽ സാധാരണ രാസബന്ധനത്തെക്കാൾ ശക്തികുറഞ്ഞ ഒരു വൈദ്യുതാകർഷണം ഉണ്ടാ

*അസോ.പ്രൊഫസർ, രസതന്ത്ര വകുപ്പ്, കൊരമ്പയിൽ അഹമ്മദ് ഹാജി മെമ്മോറിയൽ യൂനിറ്റി വിമൻസ് കോളേജ്, മഞ്ചേരി, മലപ്പുറം - 676122

വുന്നു. ഇതിനെ ഹൈഡ്രജൻബന്ധനം (hydrogen bonding) എന്നുപറയുന്നു. ഓരോ ജലതന്മാത്രയ്ക്കും നാലു ഹൈഡ്രജൻബന്ധനങ്ങൾ വീതം സാധ്യമാണെന്നതിനാൽ ജലത്തിൽ തന്മാത്രാ ശൃംഖലകൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു.

സമാനമായ തന്മാത്രാഘടനയുള്ള ഹൈഡ്രജൻ സൾഫൈഡ് (H_2S) പോലുള്ള പദാർഥങ്ങൾ അന്തരീക്ഷതാപനിലയിൽ വാതകങ്ങളാണ്. ജലം അന്തരീക്ഷതാപനിലയിൽ ദ്രാവകമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് ഹൈഡ്രജൻബന്ധനം എന്ന മേല്പറഞ്ഞ പ്രതിഭാസംമൂലമാണ്. ജലത്തിന്റെ ദ്രവണാങ്കം 0°C ഉം തിളനില 100°C ഉം ആണെന്നു നമുക്കറിയാം. രാസപരമായി ജലവുമായി സമാനതകളുള്ള മറ്റു പല പദാർഥങ്ങളുടെയും ദ്രവണാങ്കവും തിളനിലയുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഇതു വളരെ കൂടുതലാണ്. ഇതിനു കാരണം ജലത്തിലെ ഹൈഡ്രജൻ ബന്ധനങ്ങളുടെ ഉയർന്ന അളവാണ്.

ഖരാവസ്ഥയിലേക്ക് മാറാൻ ആവശ്യമായ ഊർജം

തിളയ്ക്കൽ പ്രക്രിയയിൽ തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം കൂട്ടുകയാണ് വേണ്ടത്. ഹൈഡ്രജൻബന്ധനങ്ങൾ വഴി ബന്ധിക്കപ്പെട്ട ജലതന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം കൂടണമെങ്കിൽ നിലവിലുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ ഭേദിക്കണം. ഇതിന് ആവശ്യമായ അധിക ഊർജം വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയിൽ മാത്രമേ ലഭ്യമാവുകയുള്ളൂ. ഇക്കാര്യം ജലത്തിന്റെ ഉയർന്ന തിളനിലയ്ക്ക് കാരണമായിത്തീരുന്നു. മറ്റു പദാർഥങ്ങളുടെ തന്മാത്രകളെ അപേക്ഷിച്ച് ജലതന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണം കൂടുതലാണ്. അതിനാൽ, താരതമ്യേന എളുപ്പത്തിൽ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലം ഖരാവസ്ഥയിലേക്കു മാറുന്നു. ഈ മാറ്റത്തിന് മറ്റു സമാന പദാർഥങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമായത്രയും താഴ്ന്ന താപനില ജലത്തിന് വേണ്ടിവരുന്നില്ല. ഒരു നിശ്ചിത അളവ് ജലത്തിന് ഉൾക്കൊള്ളാൻ കഴിയുന്ന താപോർജത്തിന്റെ അളവ് (താപധാരിത) മറ്റു പല ദ്രാവകങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതലാണ്. ജലത്തിന്റെ ഉയർന്ന താപധാരിതയുടെ (specific heat) കാരണവും ഹൈഡ്രജൻബന്ധനം എന്ന പ്രതിഭാസം തന്നെയാണ്.

ഹൈഡ്രജൻബന്ധനം വഴി ജലതന്മാത്രകൾക്ക് ചാർജ് ധ്രുവീകരണമുള്ള മറ്റു തന്മാത്രകളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് അവയെ ലയിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നു. പഞ്ചസാര വെള്ളത്തിൽ ലയിക്കുന്നത് ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനം മൂലമാണ്. പഞ്ചസാര തന്മാത്രയിലെ -OH ഗ്രൂപ്പിൽ വെള്ളത്തിലേതിന് സമാനമായ ചാർജ് ധ്രുവീകരണം നടക്കുന്നതുകൊണ്ട് ജലതന്മാത്രകളും പഞ്ചസാര തന്മാത്രകളും തമ്മിൽ ഹൈഡ്രജൻബന്ധനം ഉണ്ടാവുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി വെള്ളത്തിൽ പഞ്ചസാര അനായാസം ലയിക്കുന്നു. എന്നാൽ വെള്ളത്തിൽ ഉപ്പ് (NaCl) ലയിക്കുന്നത് ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായല്ല. ഉപ്പ് വെള്ളത്തിലിടുമ്പോൾ ഉപ്പിലുള്ള സോഡിയം അയോണും (Na^+) ക്ലോറൈഡ് അയോണും (Cl^-)

തമ്മിലുള്ള വൈദ്യുതാകർഷണബലം ജലതന്മാത്രകളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ കുറയുകയും ഈ രണ്ട് അയോണുകളും വേർപെട്ടുപോവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായാണ് ഉപ്പ് വെള്ളത്തിൽ അലിയുന്നത്.

പഞ്ചസാരയും ഉപ്പും വെള്ളത്തിൽ ലയിക്കുന്നത് ഒരുപോലുള്ള കാര്യങ്ങളായാണ് നമുക്കു തോന്നുകയെങ്കിലും രണ്ടു പ്രക്രിയകളിലും ജലം വളരെ വ്യത്യസ്തമായ തരത്തിലാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ഈ കഴിവ് ജലത്തെ സാർവികലായകം (universal solvent) ആക്കുന്നു. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ നടക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഉണ്ടാവുന്ന പല വിസർജ്യപദാർഥങ്ങളെയും ലയിപ്പിച്ച് ശരീരത്തിൽനിന്നു പുറന്തള്ളാനുള്ള മാധ്യമമായി ജലം പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഈ ഗുണം നിമിത്തമാണ്.

ജലത്തിന്റെ അസാധാരണവികാസം

സമാനമായ മറ്റു പദാർഥങ്ങളിൽനിന്ന് ജലത്തെ വ്യത്യസ്തമാക്കുന്ന മറ്റൊരു സവിശേഷതയാണ് ഖരാവസ്ഥയിലെ കുറഞ്ഞ സാന്ദ്രത. ജലത്തിന്റെ ഖരാവസ്ഥയാണല്ലോ ഐസ്. ഐസിന്റെ തന്മാത്രാഘടന പരിശോധിച്ചാൽ, ഹൈഡ്രജൻബന്ധനങ്ങൾ വഴി ത്രിമാനവലയങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നതായി കാണാം. ഈ ത്രിമാനവലയങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ധാരാളം ഒഴിഞ്ഞ സ്ഥലം (voids) ഉണ്ട്. ഇതുമൂലം ഐസിന് ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലത്തെക്കാൾ വ്യാപ്തം കൂടുതലും സാന്ദ്രത കുറവും ആയിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഐസ് വെള്ളത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നു. ഐസിനെ ചൂടാക്കിയാൽ തന്മാത്രകളുടെ ഗതികോർജം കൂടുകയും വലയങ്ങൾ പൊട്ടുകയും ചെയ്യും. ക്രമേണ തന്മാത്രകൾ സ്വതന്ത്രമായി ചലിച്ചുതുടങ്ങും. ഇതാണ് ദ്രവീകരണം. ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിലും തന്മാത്രകൾ എത്തുന്നതോടെ സാന്ദ്രത കൂടും. എന്നാൽ $0^{0}C$ ലുള്ള ഐസ് $0^{0}C$ ലുള്ള വെള്ളമായി മാറിയാലും മേല്പറഞ്ഞ ചങ്ങലകൾ മുഴുവൻ ഇല്ലാതാകുന്നില്ല. വലയങ്ങളും ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളും കുറെയൊക്കെ അവശേഷിക്കും. അവ തീർത്തും ഇല്ലാതാകണമെങ്കിൽ താപനില $4^{0}C$ വരെ എത്തണം.

അപ്പോൾ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ഏറ്റവും കൂടുതലായിരിക്കും. താപനില വീണ്ടും ഉയർന്നാൽ തന്മാത്രകളുടെ ഗതിവേഗം കാരണം അവ പരസ്പരം തള്ളുകയും ജലം വികസിക്കുകയും ചെയ്യും. ഇതു സാന്ദ്രത കുറയാൻ കാരണമാവുന്നു. താപനില $4^{0}C$ ൽ കൂടുതലായാലും കുറഞ്ഞാലും ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കുറയുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തെയാണ് 'ജലത്തിന്റെ അസാധാരണ വികാസം' (anomalous expansion of water) എന്നുപറയുന്നത്. ഈ പ്രത്യേകത ഭൂമിയിലെ തണുപ്പ് കൂടുതലുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ ജീവന്റെ നിലനില്പിനു സഹായകമാവുന്നു. അന്തരീക്ഷതാപനില $0^{0}C$ ലും താഴുമ്പോൾ ജലാശയങ്ങളുടെ ഉപരിതലം തണുത്ത് ഐസാകും. സാന്ദ്രത കുറവായതുകൊണ്ട് ജലത്തിൽ ഐസ് പൊങ്ങിക്കിടക്കും. കുചാലകമായ ഐസ് അടിയിലുള്ള ജലത്തിൽനിന്ന് ചാലനം (conduction) വഴി താപോർജം നഷ്ടപ്പെടുത്തുകയില്ല. അതിനാൽ ജലം ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ തന്നെ നിലനില്ക്കുന്നു. തന്നിമിത്തം ഐസിന് അടിയിലെ ജലത്തിൽ ജലജീവികൾക്ക് സുരക്ഷിതമായി കഴിയാൻ സാധിക്കുന്നു. ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിൽ ജലത്തിന്റെ ഈ സവിശേഷത വഹിക്കുന്ന പങ്ക് അദ്ഭുതാവഹം തന്നെ. അല്ലേ?

(4 ാം പേജ് തുടർച്ച)

ബി.എസ്‌സി. ട്രാൻസ്പോർട്ടേഷൻ ടെക്നോളജി, ബി.ടെക്. റെയിൽ ഇൻഫ്രാസ്ട്രക്ചർ എഞ്ചിനീയറിങ്, ബി.ടെക്. റെയിൽ സിസ്റ്റംസ് ആന്റ് കമ്യൂണിക്കേഷൻ എഞ്ചിനീയറിങ് എന്നീ പ്രോഗ്രാമുകൾക്ക് അപേക്ഷിക്കാം. ആദ്യ രണ്ടു പ്രോഗ്രാമുകളിൽ എൻ.ആർ.ടി.ഐ. നടത്തുന്ന പ്രവേശനപരീക്ഷയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് പ്രവേശനം നടത്തുക. ബി.ടെക്. പ്രോഗ്രാമുകളുടെ മാനദണ്ഡം ജെ.ഇ.ഇ.മെയിൻ പരീക്ഷയുടെ സ്കോർ ആയിരിക്കും.

വിശദാംശങ്ങൾക്ക് www.nrti.edu.in സന്ദർശിക്കുക

പ്രൊഫ. എൻ. കെ. ഗോവിന്ദൻ
ഫോൺ : 9446304755