एक अनसुलझा सवाल है पानी की बनावट का

सुभाष लखेड़ा
नई दिल्ली

मानव शरीर जिन पांच घटकों से बना है, हमारे प्राचीन ऋषि–मुनियों के अनुसार पानी या जल उनमें से एक है। शेष चार पृथ्वी, आकाश, वायु और अग्नि हैं। यूनान के दार्शनिक अरस्तु के अनुसार इस ब्रह्मांड का निर्माण मिट्टी, हवा, अग्नि और जल इन चार घटकों से हुआ है।

बहरहाल, आज भी जल या पानी को हम पूरी तरह से नहीं समझ पाए हैं। मौसम तथा भू–दृश्यों को तय करने वाला यह यौगिक हमारे चारों ओर महासागरों, झीलों, नदियों और प्रपातों में प्रचुर मात्रा में मौजूद है। पानी से इतना सन्निकट होते हुए भी हम इससे पूरी तरह से परिचित नहीं हो पाए हैं। क्या यह आश्चर्य की बात नहीं है।

जल को जीवन का पर्यायवाची माना जाता है। दरअसल, जल सभी जीवधारियों में घटित होने वाली चयापचय संबंधी क्रियाओं और उनकी देह संरचना का एक अभिन्न घटक है। जल की यह जैविक भूमिका महज संयोग की वजह से नहीं है अपितु इसके विशिष्ट भौतिक और रासायनिक गुणों की बदौलत है। उदाहरणार्थ, पानी का 'जल–विरागी प्रभाव' एक ऐसा गुणधर्म है जो जैविक दृष्टि से अत्यधिक महत्वपूर्ण है। इसकी वजह हाइड्रोकार्बन ग्रुप CH को जल के अणु प्रतिकर्षित करते हैं यानि अपने से दूर धकियाते हैं।

आंशिक तौर पर, यह प्रभाव प्रोटीनों, डी.एन.ए. और कोशिकीय झिल्लियों की जटिल त्रिविम संरचनाओं के लिए जिम्मेदार हैं। जल की अनुपस्थिति में ये संरचनाएं स्थायी नहीं रह पातीं। इतना ही नहीं, पृथ्वी पर जीवन के उद्‌भव में इस प्रभाव की एक महत्वपूर्ण भूमिका रही होगी। ऐसा मानना कतई गलत नहीं होगा। बहरहाल, इस प्रभाव के अलावा जल के कई दूसरे ऐसे गुण हैं जो इसे विशिष्टता प्रदान करते हैं।

आखिर, दूसरे रासायनिक पदार्थों की तुलना में जल इतना अधिक महत्वपूर्ण क्यों है ? निस्संदेह, इसका संबंध इसके अणु और अंतरा–अणुक अन्योन्य क्रियाओं से है। यद्यपि तुलनात्मक दृष्टि से इसके अणु के विषय में काफी जानकारी उपलब्ध है किन्तु जल अणुओं के समूह विशेष सदस्यों के बीच घटित हाने वाली पारस्परिक क्रियाओं के विषय में अत्यल्प जानकारी उपलब्ध है। गौरतलब है कि जल अणुओं के बीच होने वाली ये अन्योन्य अथवा पारस्परिक क्रियाएं ही जल को एक विशिष्ट द्रव बनाती हैं।

अठारहवीं सदी के आठवें दशक तक जल को एक सामान्य प्राकृतिक पदार्थ के रूप में देख जाता रहा। सन् 1781 ईस्वी में अंग्रेज रसायनज्ञ जोसेफ प्रिस्टले ने इसे हाइड्रोजन के दहन से प्राप्त किया। तत्पश्चात, लेवोजियर और हैनरी कैवैन्डिश ने यह सिद्ध किया कि जल हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के संयोजन से बनता है। सन् 1805 ईस्वी में फ्रांस के रसायनशास्त्री गे–लुसाक और फारस के वैज्ञानिक एलैक्जेंडर वॉन हुमबोल्ड्ट ने बताया जल में आयतन के हिसाब से हाइड्रोजन के 2 भाग और ऑक्सीजन का एक भाग है। फलस्वरूप, इससे यह तय हुआ कि जल का आण्विक सूत्र H_2O है यानि जल के अणु में हाइड्रोजन के दो परमाणु और ऑक्सीजन का एक परमाणु होता है।

H_2O अणु में, प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु ऑक्सीजन परमाणु से सहसंयोजी आबंध से जुड़ा रहता है। इस सापेक्षिक स्थाई आबंध में, प्रत्येक हाइड्रोजन और ऑक्सीजन परमाणु साथ–साथ एक

इलेक्ट्रॉन का सहभाजन करते हैं। इस तरह, इन परमाणुओं में से प्रत्येक एक संपूरक इलेक्ट्रॉन प्राप्त करता है। फलस्वरूप, इस आबंध के कारण अब जल अणु में मौजूद प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु में एक के स्थान पर दो इलेक्ट्रॉन होते हैं और ऑक्सीजन परमाणु के सबसे बाहरी कोश में इनकी संख्या छः से बढ़कर आठ हो जाती है क्योंकि दो आबंधों से जुड़े होने के कारण यह दो संपूरक इलेक्ट्रॉन प्राप्त करता है। हाइड्रोजन परमाणु में दो और ऑक्सीजन परमाणु के बाह्य कोश में आठ इलेक्ट्रॉनों की मौजूदगी जल अणु का बेहतर स्थायित्व प्रदान करती है क्योंकि इन परमाणुओं के बाह्य कोश में स्थायित्व के हिसाब से इतने ही इलेक्ट्रॉन होने चाहिए।

बहरहाल, ऑक्सीजन हाइड्रोजन (OH) सहसंयोजी आबंध में इलेक्ट्रॉनों का वितरण सममित नहीं होता है। संपूरक इलेक्ट्रॉन हाइड्रोजन परमाणु के बजाए ऑक्सीजन परमाणु की तरफ खिंचे रहते हैं। इस ऑक्सीजन पर ऋणात्मक आवेश और हाइड्रोजन पर धनात्मक आवेश रहता है। संपूरक इलेक्ट्रॉनों के इस असंतुलित वितरण और जल अणु की अरैखिक आकृति के कारण इस अणु में एक प्रबल 'वैद्युत द्विध्रुव आघूर्ण (इलेक्ट्रिकल डाइपोल मूमेंट)' का उदय होता है।

प्रमुख रूप से कतिपय लवणों, अम्लों और क्षारों को घोलने की प्रबल शक्ति जल का इसी वैद्युत असंतुलन से प्राप्त हुई है। दरअसल, इस असंतुलन के कारण जल अणु अपने विपरीत आवेश वाले भाग को विलेय (सोल्यूट) क्रिस्टल के घटक आयनों के बीच घुसा देते हैं। फलस्वरूप, जल अणुओं के विपरीत आवेश वाले भागों के घुसने से पैदा हुए 'आवरण प्रभाव (स्क्रीन प्रभाव)' के कारण विलेय क्रिस्टलों के आयनों के बीच मौजूद आकर्षण कम हो जाता है और वे जल में घुलने लगते हैं।

किन्तु जल के कई गुणों का ताल्लुक उन आबंधों से है जो एक जल अणु दूसरे जल अणुओं से बनाता है। जल अणु (H_2O) में ऑक्सीजन परमाणु के बाह्य कोश में आठ इलेक्ट्रॉन होते हैं जिनमें से मात्र चार, हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के साथ सहसंयोजी आबंध बनाने में भागेदारी निभाते हैं। शेष चार इलेक्ट्रॉन दो जोड़े 'स्वतंत्र इलेक्ट्रॉनिक द्विक (फ्री इलेक्ट्रॉनिक डब्लेट्स)' बनाते हैं। ऋणात्मक वैद्युत आवेश वाली ऐसी प्रत्येक द्विक समीपस्थ जल अणु के धनात्मक आवेश वाले हाइड्रोजन परमाणु के साथ स्थिर वैद्युत (इलेक्ट्रोस्टेटिक) किस्म के आबंध बनाती है और ऐसे आबंध 'हाइड्रोजन बांड' कहलाते हैं। ये आबंध रैखिक होते हैं यानि एक जल अणु का ऑक्सीजन परमाणु समीपस्थ जल अणुओं के HO ग्रुप की लाइन में रहता है। यद्यपि सहसंयोजी आबंध की तुलना में हाइड्रोजन आबंध कमजोर होता है किन्तु सामान्य तापमान पर यह स्थायी रहता है। फलस्वरूप, इसका महत्व उन जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में अधिक है जिनमें ऊर्जा का इस्तेमाल अपेक्षाकृत कम होता है।

काफी हद तक जल के अधिकांश गुणों का संबंध इसकी बनावट से है। जल अणु में दो सहसंयोजी आबंधों और दो स्वतंत्र इलेक्ट्रॉनिक द्विकों की दिशाओं से बनने वाली आकृति एक चतुष्फलक के अत्यधिक सन्निकट होती है और इसका केन्द्र ऑक्सीजन परमाणु होता है।

जल का एक रोचक गुणधर्म यह है कि इसके जमने से बनी बर्फ शीतल जल में प्लवन करती है। जल का घनत्व शून्य डिग्री सेल्सियस से चार डिग्री सेल्सियस तक बढ़ता है। ऊंचे तापमानों पर यह घटने लगता है। जल का यह विलक्षण गुणधर्म हाइड्रोजन आबंधों के माध्यम से समझा जा सकता है। यहां यह तथ्य उल्लेखनीय है बर्फ में मौजूद जल अणुओं का चुतुष्फलकीय जाल पैकिंग (संकुलन) के हिसाब से अधिक सघन नहीं होता है। यह जाल हाइड्रोजन आबंधों से बनता है। जब बर्फ पिघलती है तो हाइड्रोजन आबंधों का एक भाग टूटता है। ऐसी अवस्था में जल अणु उस अवस्था की तुलना में एक–दूसरे के अधिक नजदीक पहुंचने लगते हैं जब सभी हाइड्रोजन आबंध अक्षुण्ण रहते हैं। फलस्वरूप, बर्फ के पिघलने से जल का घनत्व बढ़ने लगता है।

जल की संरचना को समझने में जिन वैज्ञानिकों ने महत्वपूर्ण योगदान दिया है उनमें अंग्रेज रसायनज्ञ जे.डी.बैरनल और आर.एच.फाउलर का नाम प्रमुख है। किसी एक जल अणु को केन्द्र मानते हुए उसके चारों तरफ मौजूद जल अणुओं के वितरण के अध्ययन हेतु कैंब्रिज यूनिवर्सिटी के इन वैज्ञानिकों ने एक्स–रे डिफ्रैक्शन तकनीक का इस्तेमाल किया। तत्पश्चात, सन् 1967 में अमेरिका के ऑक रिज में ए.एच. नार्टेन और उनके सहयोगियों ने इस तकनीक का प्रयोग कर चार डिग्री से लेकर दो सौ डिग्री तक के तापमानों पर जल अणुओं के 'रेडियल डिस्ट्रीब्यूशन फंक्शन' संबंधी आंकड़े प्राप्त किए। किसी एक अणु विशेष से किसी एक नियत दूरी पर द्रव के इकाई आयतन में मौजूद अणुओं की औसत संख्या को 'रेडियल डिस्ट्रीब्यूशन फंक्शन' कहा जाता है। जल की बनावट के अध्ययन में इसका अत्यधिक महत्व है।

जल की संरचना को समझने के लिए अवरक्त (इन्फ्रारेड) किरणों का भी इस्तेमाल किया गया। ऐसे सभी अध्ययनों से ज्ञात हुआ है कि द्रव रूप में जल की कई संरचनाएं होती हैं। जबकि पहले यह धारणा थी कि जल की संरचना मात्र दो किस्म के अणुओं पर आधारित है, एक उन अणुओं पर जो हाइड्रोजन आबंधों से जुड़े रहते हैं और दूसरे जो इन आबंधों से मुक्त रहते हैं।

अभी तक जल की संरचनाओं संबंधी कई मॉडल विकसित किए गए हैं किन्तु इनमें से कोई भी पूर्ण रूप से संतोषजनक नहीं है। मात्रात्मक दृष्टि से इनमें से कोई भी जल के सभी गुणों की व्याख्या नहीं कर पाया है।

इधर जल की संरचनाओं को समझने के लिए उच्च कार्य क्षमता वाले कम्प्यूटरों का इस्तेमाल भी किया गया है। बैरनल और फाउलर द्वारा विकसित मॉडल का छोड़कर अब तक जितने मॉडल विकसित किए गए हैं, उनसे यही संकेत मिलता है कि जल के अस्सी प्रतिशत अणु तीन या चार हाइड्रोजन आबंधों युक्त होते हैं। इनमें से कोई भी हाइड्रोजन आबंध रहित जल अणुओं की उपस्थिति को मान्यता नहीं देता है। बहरहाल, सभी बाधाओं के बावजूद जल की संरचना से जुड़े प्रमुख सवालों के उत्तर धीरे–धीरे स्पष्ट होते जा रहे हैं और ऐसा अनुमान है कि इस समस्या का अंतिम समाधान अब तक ज्ञात विभिन्न मॉडलों में तालमेल बिठाने से ही निकल पाएगा। तभी हम जल के गुणों की सही व्याख्या करने में समर्थ हो सकेंगे।