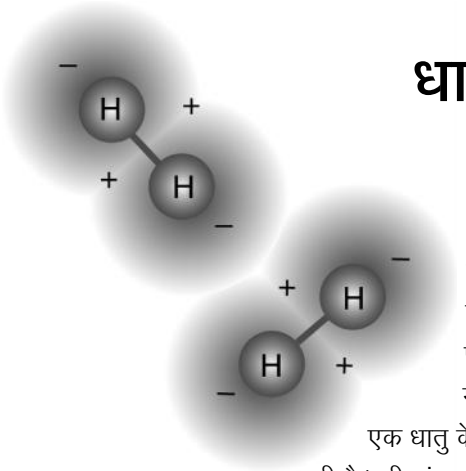


धातुई हाइड्रोजन

एस. अनंतनारायणन

अचरज की बात है कि कुछ परिस्थितियों में हाइड्रोजन एक धातु के रूप में नज़र आती है। जी हां, वही हाइड्रोजन जिसे हम गुब्बारों में भरते हैं।

ऐसी परिस्थितियां तो होती ही हैं जब कोई भी धातु गैस के रूप में रहती है। ऐसा तब होता है जब तापमान काफी अधिक हो जाए और धातु पिघलने लगे और फिर वाष्पीकृत हो जाए। मगर इसका उलट सही नहीं है। यह ज़रूरी नहीं कि खूब ठंडा करने पर हर चीज़ तरल और फिर ठोस बन जाए। गैसों को तरल और ठोस बनाने के लिए सिर्फ तापमान कम करना काफी नहीं होता, दबाव भी उपयुक्त होना चाहिए। यह भी सही है कि सिर्फ दबाव बढ़ाने से गैसें तरल नहीं बनेंगी; तापमान भी एक हद से कम करना पड़ेगा।

पदार्थ की तीन अवस्थाओं - ठोस, द्रव व गैस - के बीच परस्पर परिवर्तन तो सबने देखे हैं। मगर सामान्य अवस्था परिवर्तन से अलग गैसों को द्रव बनाना एक उपलब्धि ही थी। यह देखा गया था कि यदि किसी गैस पर दबाव बढ़ाते जाएं तो वह दबती जाती है यानी उसका आयतन कम होता जाता है। मगर एक दबाव ऐसा आता है जब दबाव तो उतना ही रहता है मगर गैस द्रव में तबदील होने लगती है। इसके बाद दबाव कितना भी बढ़ाएं उस द्रवीभूत के आयतन में कोई उल्लेखनीय अंतर नहीं आता।

मगर यह क्रिया एक निश्चित तापमान से कम पर ही होती है। यदि तापमान इस सीमा से कम हो तो गैस का द्रवीकरण थोड़े कम दबाव पर भी किया जा सकता है। मगर इस तापमान से ऊपर कितना भी दबाव लगाएं द्रवीकरण नहीं होता।

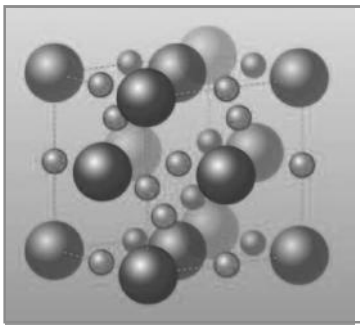
इस व्यवहार को समझने के लिए यह समझना ज़रूरी है कि गैसें अत्यंत सूक्ष्म कणों (अणुओं) से मिलकर बनी होती हैं। ये अणु सतत गतिशील होते हैं। तापमान बढ़ने पर यह गति तेज़ होती जाती है। जब दबाव बढ़ाते हैं तो ये अणु पास-पास आने लगते हैं। जब अणु काफी पास-पास आ जाते हैं तो उनके बीच आकर्षण बल सक्रिय हो जाता है। इसी आकर्षण बल के फलस्वरूप द्रवीकरण होता है। मगर ऐसा तभी हो सकता है जब अणुओं की ऊष्मीय गति थोड़ी धीमी हो, जो कम तापमान पर ही संभव है। इस तापमान को क्रांतिक तापमान या क्रिटिकल टेम्प्रेचर कहते हैं।

गैसों को द्रव में बदल देने के बाद अगला कदम था उन्हें ठोस रूप में बदलना। इसके लिए तापमान को और कम करने तथा दबाव को और बढ़ाने की ज़रूरत होती है। पानी का मामला थोड़ा अलग है। पानी अन्य पदार्थों से थोड़ा अलग ढंग से व्यवहार करता है। पानी को ठोस (बर्फ) में बदलने के लिए दबाव बढ़ाने की बजाय कम करना पड़ता है। मगर आम तौर पर किसी द्रव को ठोस में बदलने के लिए तापमान कम करना और दबाव बढ़ाना होता है। इस तरह से ज़िद्दी-से-ज़िद्दी गैसों को भी तरल और ठोस बनाया जा सकता है।

परमाणु संरचना की दृष्टि से हाइड्रोजन सरलतम तत्त्व है। इसके केंद्र में एक अकेला प्रोटॉन है और एक अकेला इलेक्ट्रॉन उसके चक्कर काटता है। चक्कर काटना थोड़ा अनगढ़ शब्द है। हालांकि इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन पर परस्पर विपरीत आवेश होते हैं मगर वे आकर्षण के कारण एक-दूसरे में समा नहीं जाते तो इसका कारण यह है कि अत्यंत सूक्ष्म कणों के भौतिकी के नियम कहते हैं कि दो कण एक ही समय पर एक ही

स्थान पर नहीं रह सकते। जब वे बहुत पास-पास आते हैं तो उनके बीच विकर्षण का बल लगने लगता है। इस विकर्षण की वजह से वे एक-दूसरे को दूर धकेलते हैं और यह बल हमें एक अपकेंद्री बल के रूप में दिखता है।

साधारण परमाणुओं और अणुओं में जहां कई प्रोटॉन होते हैं और कई सारे इलेक्ट्रॉन उनके चक्कर काटते हैं, उनमें बीच का धनावेशित भाग थोड़ा ढंका-सा होता है। ऐसे में अन्य कण काफी नज़दीक तक आ सकते हैं। तब ये आपस में बंधन बनाते हैं और बाहरी इलेक्ट्रॉन की साझेदारी करते हैं। जब यह क्रिया तत्त्वों में होती है तो क्रिस्टल बनते हैं। जब स्थिति यह होती है कि साझा किए गए इलेक्ट्रॉन लगभग मुक्त स्थिति में होते हैं, तो उस ठोस पदार्थ में धातुई गुण नज़र आने लगते हैं - उसमें चमक होती है, वह कठोर होता है, विद्युत का चालक होता है, वगैरह।



सिलिकॉन और हाइड्रोजन का एक यौगिक 10 लाख वायुमंडलीय दाब पर धातु बन जाता है।

मगर हाइड्रोजन के मामले में संरचना इतनी सरल है कि केंद्रीय भाग का आवरण लगभग न के बराबर होता है और उनके बीच बंधन बनने और इलेक्ट्रॉनों के मुक्त होने जैसी स्थितियां नहीं बन पातीं। लिहाज़ा हाइड्रोजन काफी कम तापमान पर भी गैस ही बनी रहती है और इसका धातुई रूप अभी साकार नहीं हुआ है।

सैद्धांतिक कार्य से पता चला है कि बहुत अधिक दबाव पर हाइड्रोजन का धातुई रूप संभव है। बहुत अधिक दबाव से तात्पर्य वायुमंडल के दबाव से 50 लाख गुना ज़्यादा दबाव से है। इतना दबाव तो पृथ्वी के केंद्र में भी नहीं है। सैद्धांतिक गणनाएं यह भी दर्शाती हैं कि इस अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु जिस ताने-बाने का निर्माण करेंगे उसमें विद्युत के वाहक इलेक्ट्रॉन कुछ इस तरह व्यवहार करेंगे कि विद्युत प्रतिरोध पूरी तरह नदारद हो जाएगा। तब हमें सामान्य तापमान पर सुपर कंडक्टर हासिल हो जाएगा। यह भी दर्शाया गया है कि इस तरह से हमें जो अवस्था प्राप्त होगी वह अति-तरल अवस्था होगी, जैसी आज तक देखी-सुनी नहीं गई है।

ऐसा माना जाता है कि बृहस्पति और शनि जैसे विशाल ग्रहों के केंद्र में हाइड्रोजन इसी रूप में मौजूद है। इसके आधार पर इस बात की व्याख्या की गई है कि क्यों शनि का चुंबकत्व इतना शक्तिशाली है - सौर मंडल में सबसे शक्तिशाली।

यह सही है कि धातुई हाइड्रोजन के निर्माण के लिए जिस दबाव की ज़रूरत है उसे हासिल करना एक कठिन चुनौती है, मगर यह संभव है कि अन्य धातुओं के साथ हाइड्रोजन के यौगिकों का उपयोग करके अपेक्षाकृत साधारण परिस्थितियों में भी धातुई हाइड्रोजन की झलक मिल जाए। उदाहरण के लिए, सिलिकॉन और हाइड्रोजन का एक यौगिक हाइड्रोजन का एक अत्यंत सघन रूप उपलब्ध कराता है जो करीब 10 लाख वायुमंडलीय दाब पर धातु बन जाता है।

वॉशिंगटन में स्थित कार्नेजी इंस्टीट्यूट के टिमोथी स्ट्रोबेल और उनके साथियों ने सिलिकॉन-हाइड्रोजन यौगिक और हाइड्रोजन के मिश्रण को लेकर किए गए प्रयोगों का ब्यौरा फिज़िकल रिव्यू लेटर्स में प्रस्तुत किया है। उन्होंने एक नए यौगिक की खोज की है जो 1 लाख वायुमंडलीय दाब से भी कम पर बन जाता है, हाइड्रोजन मात्रा की दृष्टि से काफी समृद्ध होता है और संभावना है कि यह धातु का रूप ले लेगा। इस तरह से बहुत अधिक दबाव की ज़रूरत समाप्त हो जाएगी।

दरअसल, इस तरह के शोध कार्य का मकसद यह है कि धातुई हाइड्रोजन हासिल हो जाए ताकि साधारण ताप व दाब पर ही हमें उपयोगी सुपर कंडक्टर मिल सके।

(स्रोत फीचर्स)