

ज़्यादा शक्तिशाली आबन्ध



अदिति चन्द्रशेखर

सहसंयोजी यौगिक, आयनिक यौगिकों की तुलना में कम तापमान पर पिघलते हैं। क्या इसका मतलब यह है कि सहसंयोजी आबन्ध, आयनिक आबन्धों से कमज़ोर होते हैं?

हम जानते हैं कि सोडियम क्लोराइड जैसे आयनिक या ध्रुवीय यौगिकों के गलनांक 1000°C के आस-पास होते हैं। दूसरी ओर पानी, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल और क्लोरोफॉर्म जैसे अनायनिक या अध्रुवीय यौगिक इससे कहीं कम तापमान पर पिघलते हैं। अक्सर विद्यार्थी इसका अर्थ यह समझते हैं कि आयनिक आबन्ध सहसंयोजी आबन्धों से अधिक मज़बूत होते हैं। यह बात सही होती, बशर्ते कि किसी आयनिक यौगिक के पिघलने पर आयनिक आबन्ध कमज़ोर हो जाता हो और किसी अध्रुवीय अणु के पिघलने पर सहसंयोजी आबन्ध कमज़ोर हो जाता हो। किन्तु, क्या सचमुच ऐसा है?



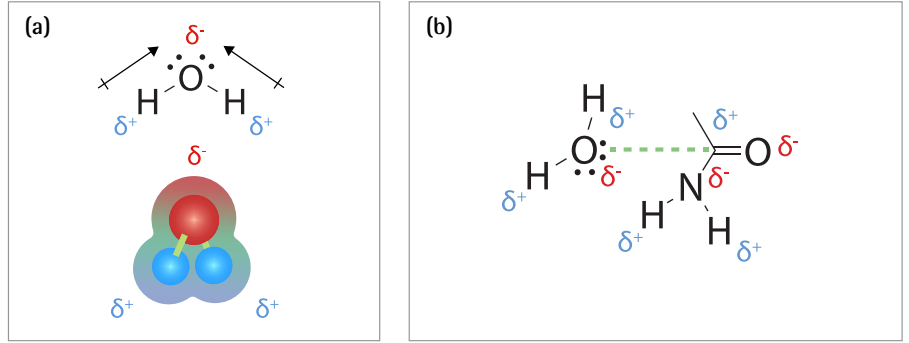
चित्र-1 : धनात्मक और ऋणात्मक आयनों के विन्यास को दर्शाने वाले आयनिक जालक का एक चित्रात्मक निरूपण।

Credits: Ingvald Straume, Wikimedia Commons.
URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Natriumkloridionegittermodell.png>.
License: CC-BY-SA.

पिघलने के दौरान कौन-सा आबन्ध कमज़ोर पड़ता है या टूटता है?

हम जानते हैं कि NaCl जैसे आयनिक या ध्रुवीय ठोस अपने धनात्मक (Na^+) और ऋणात्मक (Cl^-) आयनों के विशाल जालक [lattices] हैं जिन्हें उनके बीच मौजूद शक्तिशाली स्थिर-विद्युत [electrostatic] बलों द्वारा एक साथ रखा जाता। इन ठोस पदार्थों के पिघलने के दौरान यही स्थिर-विद्युत बल कमज़ोर हो जाते हैं (चित्र-1 देखें)। आयनिक ठोस पदार्थों को पिघलाने के लिए जितनी अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है, उसी से हम यह अनुमान लगा सकते हैं कि ये स्थिर-विद्युत बल बहुत शक्तिशाली हैं।

हम जानते हैं कि H_2O जैसे अध्रुवीय अणुओं में परमाणु सहसंयोजी आबन्ध द्वारा एक-दूसरे से बन्धे रहते हैं। सहसंयोजी आबन्ध इलेक्ट्रॉन जोड़ियों के साझा होने से बनते हैं (चित्र-2 देखें)। लेकिन अपेक्षाकृत छोटे हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक में मौजूद एकल इलेक्ट्रॉन की तुलना में अपेक्षाकृत बड़े ऑक्सीजन परमाणु के नाभिक में उपस्थित 8 प्रोटॉन इस साझा इलेक्ट्रॉन जोड़ी पर ज़्यादा आकर्षण बल आरोपित करते हैं। परिणाम यह होता है कि साझा इलेक्ट्रॉन की जोड़ी ऑक्सीजन परमाणु के अधिक निकट रहती है और ऑक्सीजन पर आंशिक ऋणावेश तथा हाइड्रोजन पर आंशिक धनावेश पैदा हो जाता है। ऐसे सहसंयोजी आबन्धों को ध्रुवीकृत सहसंयोजी आबन्ध कहते हैं। इस स्थिति में होता यह है कि ऑक्सीजन पर उपस्थित ऋणावेश पड़ोस के अणु के हाइड्रोजन पर उपस्थित धनावेश को आकर्षित करता है – इस प्रकार से एक अन्तर-आणविक आबन्ध अस्तित्व में आ जाता है। जब पानी को उबाला या वाष्पित किया जाता है तो अणुओं में उपस्थित हाइड्रोजन-ऑक्सीजन सहसंयोजी आबन्ध नहीं बल्कि यही अन्तर-आणविक आबन्ध टूटते हैं।



चित्र-2 : निकटवर्ती स्थाई द्विध्रुवों के बीच अन्तरआणविक बलों को स्थाई द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव परस्पर क्रियाएँ कहते हैं।

Adapted from https://projects.iq.harvard.edu/files/lifesciences1abookv1/files/2_-_intermolecular_interactions.pdf. Credits: Copyright © 2022 The President and Fellows of Harvard College.

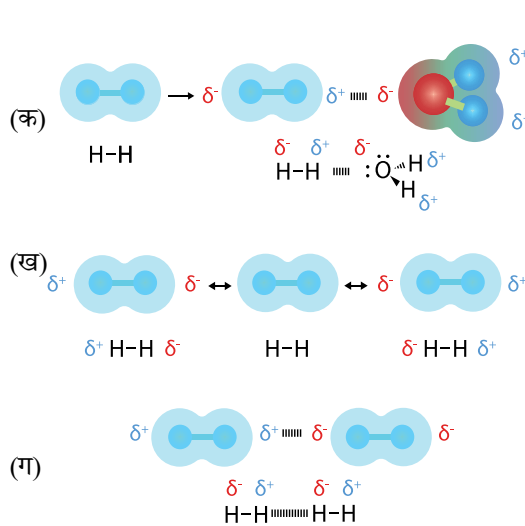
अन्तर-आणविक आबन्धों की शक्ति सम्बन्धित परमाणुओं की विद्युत-ऋणात्मकता में अन्तर तथा उनके बीच की दूरी पर निर्भर करती है।

अतः अध्रुवीय यौगिकों के कम गलनांक का उपयोग उनके सहसंयोजी आबन्धों की ताकत का अनुमान लगाने के लिए नहीं किया जा सकता है। हालाँकि, वे यह ज़रूर इंगित करते हैं कि अध्रुवीय यौगिकों में अन्तरआणविक बल, ध्रुवीय यौगिकों में स्थिर-विद्युत बलों की तुलना में काफ़ी कमज़ोर होते हैं।

अध्रुवीय यौगिकों में अन्तरआणविक बल कितने शक्तिशाली होते हैं?

इसे बेहतर ढंग से समझने के लिए आइए सहसंयोजी यौगिकों की संरचना पर अधिक गहराई से विचार करें। हम जानते हैं कि एक विद्युत द्विध्रुव तब बनता है जब समान परिमाण के लेकिन विपरीत चिह्नों वाले विद्युत आवेशों के एक जोड़े को अलग कर कुछ दूर कर दिया जाता है। अध्रुवीय अणु दो प्रकार के द्विध्रुव बना सकते हैं — स्थाई और अस्थायी।

स्थायी द्विध्रुव तब बनते हैं जब भिन्न

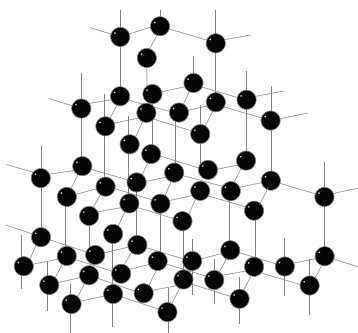


चित्र-3 : (क) पानी के अणु में स्थाई द्विध्रुव, हाइड्रोजन अणु में द्विध्रुव को प्रेरित करता है और फिर उसकी ओर आकर्षित होता है। (ख) अपने अध्रुवीय आबन्ध में साझा इलेक्ट्रॉनों की बेतरतीब ढंग से गति के कारण, हाइड्रोजन जैसे अध्रुवीय अणुओं में तात्क्षणिक द्विध्रुव स्वतः बन सकते हैं। (ग) तात्क्षणिक द्विध्रुव अन्य अध्रुवीय आबन्धों में तात्क्षणिक द्विध्रुव के निर्माण को प्रेरित कर सकते हैं, जो तब एक-दूसरे के प्रति आकर्षित होते हैं।

Adapted from https://projects.iq.harvard.edu/files/lifesciences1abookv1/files/2_-_intermolecular_interactions.pdf. Credits: Copyright © 2022 The President and Fellows of Harvard College.

विद्युत ऋणात्मकताओं वाले दो तत्व सहसंयोजी रूप से आबन्धित होते हैं। इसके परिणामस्वरूप अणु के भीतर इलेक्ट्रॉनों का असमान वितरण होता है, जो फिर उसके निकटवर्ती उसी तरह के अणुओं पर आकर्षी बल लगाता है। इन्हें स्थाई द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव परस्पर क्रियाएँ [permanent dipole-permanent dipole interactions] कहते हैं (चित्र-2 देखें)।

किसी अध्रुवीय अणु में अस्थायी द्विध्रुव प्रेरित किया जा सकता है; जब इसके इलेक्ट्रॉनों को इसके आस-पास के स्थाई द्विध्रुव के धनात्मक छोर आकर्षित करते हैं। ये स्थाई द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुवीय परस्पर क्रियाएँ निकटवर्ती अलग-अलग प्रकार के अणुओं के बीच होती हैं (चित्र-3क देखें)। अध्रुवीय अणुओं में अस्थायी द्विध्रुव तब भी स्वतः बन सकते हैं जब अन्यथा समान रूप से वितरित इलेक्ट्रॉन बेतरतीब ढंग से इतने पास आ जाते हैं कि वे एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करने लगते हैं और परस्पर क्रिया क्षेत्र (वह क्षेत्र जहाँ वे एक-दूसरे के सबसे निकट होते हैं) से दूर हटने लगते हैं, (चित्र-3ख देखें)। इसके चलते अणु के एक छोर पर एक आंशिक धनात्मक आवेश बनता है, जो आस-पास के समान या भिन्न अध्रुवीय अणु से इलेक्ट्रॉनों को आकर्षित कर सकता है और



चित्र-4 : हीरे में एक विशाल सहसंयोजी संरचना का निर्माण करते कार्बन परमाणुओं का एक रेखाचित्रिय निरूपण। प्रत्येक परमाणु अपने पड़ोसी परमाणुओं के साथ सहसंयोजी रूप से आबन्धित होता है, जो त्रिआयामी स्थान में आबन्धों का एक नेटवर्क बनाता है।

Adapted from <https://igcse-chemistry-2017.blogspot.com/2017/07/150-explain-how-structures-of-diamond.html>. Credits: Keisho Inoue, IGCSE Chemistry 2017.

उसमें एक तात्क्षणिक द्विध्रुव के निर्माण को प्रेरित कर सकता है (चित्र-3ग देखें)।

आमतौर पर, तात्क्षणिक द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुवीय परस्पर क्रियाएँ स्थाई द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुवीय परस्पर क्रियाओं की तुलना में कमजोर होती हैं, जो स्थाई द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव परस्पर क्रियाओं से कमजोर होती हैं। लेकिन इन परस्पर क्रियाओं में से सबसे मजबूत (स्थायी द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव) परस्पर क्रिया में शामिल अन्तरआणविक स्थिर-विद्युत बल भी आयनिक यौगिकों की तुलना में काफ़ी कमजोर होता है। क्यों? जैसा कि हमने H₂O उदाहरण में देखा है, यह परस्पर क्रिया किसी अध्रुवीय अणु के आंशिक धनात्मक छोर और उसके पड़ोसी अणु के आंशिक ऋणात्मक छोर के बीच होती है। इस प्रकार, इन अणुओं के बीच का बल NaCl जैसे आयनिक यौगिक के पूर्ण धनात्मक और पूर्ण ऋणात्मक आवेश

के बीच के बल का अंश मात्र होता है।

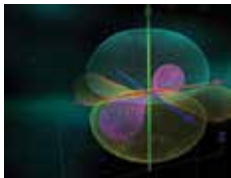
सहसंयोजी आबन्ध कितना मजबूत होता है?

अधिकांश सहसंयोजी आबन्धित पदार्थ अणुओं के रूप में मौजूद होते हैं। हालाँकि, हीरे में प्रत्येक कार्बन परमाणु सहसंयोजक रूप से चार अन्य कार्बन परमाणुओं से बँधा होता है, जिससे एक विशाल सहसंयोजी संरचना बनती है (चित्र-4 देखें)।

हम जानते हैं कि हीरे का गलनांक 4000°C तक होता है। चूँकि हीरा एक अणु नहीं है, इसलिए इसके उच्च गलनांक की व्याख्या के लिए कोई अन्तर आणविक परस्पर क्रिया नहीं है। दूसरे शब्दों में, जब हीरा पिघलता है, तो उसके सहसंयोजी आबन्ध टूटते हैं। इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि सहसंयोजी आबन्ध, आयनिक आबन्ध से कमजोर नहीं होते हैं।

मुख्य बिन्दु

- शक्तिशाली बलों को कमजोर करने के लिए उच्चतर तापमानों की आवश्यकता होती है।
- चूँकि आयनिक ठोस शक्तिशाली स्थिर-विद्युत बलों द्वारा एक साथ जकड़े रहते हैं, इसलिए उनके उच्च गलनांक होते हैं।
- हालाँकि अध्रुवीय यौगिकों में सहसंयोजी आबन्धित अणु होते हैं, लेकिन पिघलने पर इन अणुओं के बीच अन्तरआणविक परस्पर क्रिया टूटती है। इस प्रावस्था-परिवर्तन के दौरान सहसंयोजी आबन्ध बरकरार रहता है।
- अध्रुवीय यौगिकों में अन्तरआणविक परस्पर क्रियाएँ तीन प्रकार की होती हैं — स्थाई द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव, स्थाई द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुवीय और तात्क्षणिक द्विध्रुव-प्रेरित द्विध्रुवीय। इनमें से स्थाई द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव सबसे शक्तिशाली है।
- अध्रुवीय यौगिकों के गलनांक कम इसलिए होते हैं क्योंकि स्थाई द्विध्रुव-स्थायी द्विध्रुव परस्पर क्रिया में भी स्थिर-विद्युत बल आयनिक ठोस में स्थिर-विद्युत बल की तुलना में काफ़ी कमजोर होता है।
- चूँकि सहसंयोजी आबन्धों को तोड़ने के लिए बहुत अधिक तापमान की आवश्यकता होती है, ये आबन्ध आयनिक आबन्धों से कमजोर नहीं होते हैं।



Note: Source of the image used in the background of the article title: Covalent Bonding Atom Orbitals. URL: <https://www.maxpixel.net/Covalent-Bonding-Molecule-Bonding-Atom-Orbitals-2146393>. License: CC0.



अदिति चन्द्रशेखर अजीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में रसायनशास्त्र की प्राध्यापक हैं। इन्दिरा गाँधी परमाणु अनुसन्धान केन्द्र (IGCAR), कलपक्कम में परमाणु ऊर्जा विभाग के तहत रसायनशास्त्र में पीएचडी के दौरान, उन्होंने एक्टिनाइड संकुलन के प्रयोगात्मक और सैद्धान्तिक पहलुओं पर काम किया; उन्होंने परमाणु ईंधन प्रक्रमण के लिए विशिष्ट निष्कर्षकों का मूल्यांकन किया। भारतीय विज्ञान संस्थान (IISc), बेंगलूरु में उनके पोस्टडॉक्टरल शोध में 2डी सामग्री पर कम्प्यूटेशनल अध्ययन शामिल थे। उनसे aditi.chandrasekar@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय