

कार्बन यौगिकों में सम-अवयवता उर्फ आइसोमरिज़्म

उमा सुधीर

भले ही सोने के दाम नई ऊँचाइयों को छू रहे हों, चाहे यूरेनियम और मेरे नाम का पहला अक्षर एक ही होने की वजह से कुछ लगाव हो, मगर मेरा पसन्दीदा तत्व सदैव कार्बन ही रहेगा। क्यों? क्योंकि यौगिकों के लिए कार्बन का वही स्थान है जो गीतों के लिए आशा भोसले का - व्यापक और बहुमुखी!

कार्बन के हजारों-लाखों यौगिक हैं, और अनगिनत सम्भावित यौगिक जिन्हें बस इन्तज़ार है कि कोई उन्हें बनाए। ये सारे यौगिक इसलिए मुमकिन हैं क्योंकि न सिर्फ कार्बन चतुःसंयोजी (टेट्रावैलेंट) है, बल्कि इसलिए भी कि वह एक छोटा परमाणु है। यह लगभग सारे सामान्य तत्वों के साथ मज़बूत बन्ध बना सकता है। और तो और, कार्बन खुद के साथ भी बन्ध बना पाता है। इस लेख में मैं उन कार्बन यौगिकों पर ध्यान दूँगी जिनका अणु सूत्र एक ही होने के बावजूद गुणधर्म अलग-अलग होते हैं। इस गुण को सम-अवयवता (isomerism) कहते हैं। यह सिर्फ कार्बन का अनोखा गुण नहीं है, लेकिन कार्बन इसका प्रदर्शन इन्तहा तक करता है।

कार्बन के यौगिकों में सम-अवयवता कई किस्म की होती है, जैसे

क) कार्बन शृंखला अलग-अलग हो सकती है - अणु सूत्र C_4H_{10} हो तो वह यौगिक $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ भी हो सकता है या $CH_3-CH(CH_3)_2$ भी हो सकता है। और यौगिक में कार्बन परमाणुओं की संख्या बढ़ने के साथ इन शृंखला सम-अवयवियों की संख्या भी बढ़ती जाती है।

ख) क्रियात्मक समूह अलग-अलग स्थान पर हो सकते हैं - $CH_3-CH_2-CH_2OH$ या $CH_3-CHOH-CH_3$

ग) क्रियात्मक समूह भी अलग-अलग हो सकते हैं - CH_3-CH_2OH (एक अल्कोहल) या CH_3-O-CH_3 (ईथर); और

घ) एकसमान कार्बन शृंखला और एक-से क्रियात्मक समूह, एक-से स्थानों पर होने के बाद भी इन क्रियात्मक समूह की स्थानिक (स्पेशियल) जमावट अलग-अलग हो, तो स्टीरियोआइसोमर्स (ट्रीविम सम-अवयवी) बन जाते हैं। और चूँकि ट्रीविम सम-अवयवियों की जैविक क्रियाएँ एकदम अलग-अलग होती

हैं, इसलिए यहाँ मैं इन्हीं की चर्चा करूँगी। एक कारण यह भी है कि बाकी किस्म के सम-अवयवियों की चर्चा उच्च और उच्चतर स्कूली पाठ्यक्रमों में काफी विस्तार से की ही जाती है। और एक बात यह भी है कि लेख छोटे और मजेदार होने चाहिए! यहाँ यह कहना लाज़मी है कि त्रिविम सम-अवयवता भी कार्बन यौगिकों तक सीमित नहीं है। बाकी को भी ज़रूर देखिएगा, वे भी कम दिलचस्प नहीं हैं। आगे बढ़ने से पहले कृपया कार्बन यौगिकों को दर्शाने की परिपाटियों के बारे में बॉक्स-1 को ज़रूर देख लें।

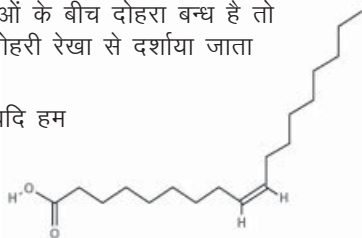
बॉक्स-1: कार्बन यौगिक की रचना दर्शाने के विभिन्न तरीके

हमने कार्बन परमाणुओं को एक लाइन में लिखने की साधारण-सी विधि का उपयोग तो कर ही लिया है – इसमें किसी कार्बन परमाणु से जुड़े समूहों को उसके बाद लिखा जाता है और डैश (लाइनें) कार्बन परमाणुओं के बीच बन्ध के द्योतक होते हैं।

यदि किसी यौगिक में दो कार्बन परमाणुओं के बीच दोहरा बन्ध है तो उसे उन दो कार्बन परमाणुओं के बीच दोहरी रेखा से दर्शाया जाता है, जैसे प्रोपीन के लिए $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$

इसे और भी सरल किया जा सकता है यदि हम

कार्बन शृंखला को एक ज़िग-ज़ैग रेखा के रूप में दर्शाएँ, जिसमें प्रत्येक कार्बन परमाणु की संयोजकता को सन्तुष्ट करने के लिए ज़रूरी हायड्रोजन परमाणुओं की संख्या और इस लाइन के



चित्र-1: ओलिक एसिड

प्रत्येक मोड़ पर एक कार्बन परमाणु की उपस्थिति

मानकर चलेंगे। इस तरीके का उपयोग आम तौर पर लम्बी शृंखला वाले यौगिकों को दर्शाने के लिए किया जाता है, जिनमें एकाध प्रतिस्थापी (substituents) हों। जैसे, ओलिक एसिड है $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{CH=CH(CH}_2)_7\text{COOH}$ और इसे चित्र-1 में दर्शाया गया है। दोहरे बन्ध के दोनों ओर लम्बी-लम्बी कार्बन शृंखलाओं की स्थिति पर ध्यान दें। इसके बारे में आगे और बात करेंगे।

जब किसी कार्बन यौगिक में कई सारे प्रतिस्थापी होते हैं, तो उन्हें एक लाइन में लिखना भ्रामक तो हो ही सकता है, इससे आपको त्रि-आयामी जगह में उन समूहों की जमावट का अन्दाज़ा भी नहीं मिलेगा – याद कीजिए, सन्तृप्त कार्बन परमाणु के चार बन्ध एक चतुष्फलक (tetrahedron) के आकार में होते हैं। इस चतुष्फलकीय आकार को दर्शाने के लिए परिपाटी यह है कि चार में से तीन समूहों को कागज़ के तल से बाहर निकलता दिखाया जाए और चौथे समूह को तल से पीछे की ओर दिखाया जाए (कार्बन परमाणु उस तल में होगा)। चित्र-2 देखिए। कागज़ के तल

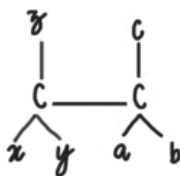
चित्र - इंटरनेट से साभार।

से बाहर आते बन्धों को ठोस फच्चरों (solid wedges) के रूप में और पीछे की ओर जाते बन्ध को टूटी रेखा द्वारा दर्शाया जाता है।



चित्र-2: चार अलग-अलग समूहों - a, b, c और d - के साथ बन्ध बनाता कार्बन परमाणु। इसके अलावा फिशर प्रक्षेपण शर्करा और अमीनो एसिड के लिए आम तौर पर उपयोग किया जाता है। इसकी चर्चा और कभी।

जब आपको किसी यौगिक में अलग-अलग प्रतिस्थापियों वाले एक से अधिक कार्बन परमाणु दर्शाने हों, तो इसके लिए दो अलग-अलग तरीकों का इस्तेमाल किया जाता है - सॉहॉर्स प्रक्षेपण (क्योंकि यह बढ़ई द्वारा इस्तेमाल किए जाने वाले उपकरण सॉहॉर्स जैसा दिखता है) और न्यूमैन प्रक्षेपण। चित्र-3 में एक काल्पनिक यौगिक Cabc-Cxyz को दोनों तरह से दर्शाया गया है।



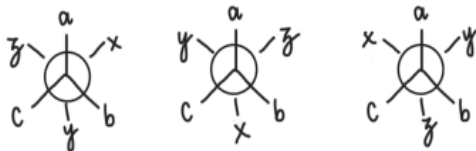
(क)

(ख)



चित्र-3: (क) यौगिक Cabc-Cxyz के सॉहॉर्स तथा (ख) न्यूमैन प्रक्षेपण; परिपाटी यह है कि समूह a, b और c से जुड़ा कार्बन परमाणु आगे की ओर होता है जबकि x, y और z समूहों से जुड़ा कार्बन परमाणु पीछे की ओर होता है।

यह बात ध्यान में रखें कि जब दो परमाणुओं के बीच एकल बन्ध होता है, तो मुक्त घूर्णन सम्भव होता है। लिहाजा, चित्र-4 में यौगिक Cabc-Cxyz में विभिन्न उन्मुखीकरण (orientation) परस्पर तुल्य हैं।



चित्र-4: Cabc-Cxyz के विभिन्न उन्मुखीकरण।

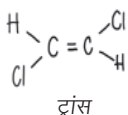
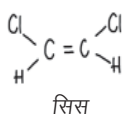
त्रिविम सम-अवयवता

त्रिविम सम-अवयवी यौगिकों की एकदम रूखी परिभाषा देनी हो, तो कहेंगे कि वे ऐसे अणु होते हैं जिनका अणु सूत्र एक ही होता है और परमाणुओं के बन्धन भी एक-से होते हैं लेकिन अलग-अलग स्थानिक जमावट (spatial arrangement) होती है। अर्थात् परमाणु वही हैं, एक ही क्रम में जुड़े हैं लेकिन उनका उन्मुखीकरण अलग-अलग है। त्रिविम सम-अवयवी दो तरह के हो सकते हैं - एनंशियोमर (दर्पण प्रतिबिम्ब, जिन्हें एक-दूसरे पर अध्यारोपित न किया जा सके) और ज्यामितीय सम-अवयवी।

इस पूरे लेख में हम इस बात पर चर्चा करेंगे कि इन शब्दों का अर्थ क्या है और ये जीवन को किस तरह प्रभावित करते हैं। ये दो तरह के सम-अवयवी अकार्बनिक यौगिकों में भी देखने को मिलते हैं, लेकिन यहाँ हम कार्बन यौगिकों पर ध्यान केन्द्रित करेंगे।

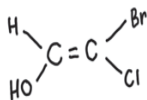
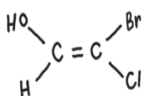
ज्यामितीय समावयवी

ज्यामितीय सम-अवयवता (geometric isomerism) पैदा होती है बाधित घूर्णन की वजह से। चूँकि खुली शृंखला वाले यौगिकों में कार्बन परमाणुओं के बीच एकल बन्ध घूर्णन को बाधित नहीं करते, इसलिए ज्यामितीय सम-अवयवता आम तौर पर प्रतिस्थापी युक्त अल्कीन्स में देखी जाती है। एक उदाहरण देती हैं: $\text{CHCl}=\text{CHCl}$, चित्र-5 में इसके दो सम्भावित ज्यामितीय सम-अवयवी दिखाए गए हैं।



चित्र-5: सिस व ट्रांस 1,2-डाईक्लोरोएथीन। जब दोनों हायड्रोजन परमाणु दोहरे बन्ध के एक ही ओर होते हैं तब उसे 'सिस' कहा जाता है, अन्यथा 'ट्रांस'। तो, पीछे जाकर चित्र-1 को देखिए और बताइए कि दर्शाया गया यौगिक सिस ओलिक एसिड है या ट्रांस ओलिक एसिड?

जब एल्कीन में कम क्रियात्मक समूह होते हैं, तो *सिस* और *ट्रांस* के आधार पर अणु की संरचना का वर्णन किया जा सकता है। लेकिन जब दो से ज़्यादा और अलग-अलग क्रियात्मक समूह उपस्थित हों, तो पहले प्रत्येक क्रियात्मक समूह की प्राथमिकता तय की जाती है - दोहरे बन्ध वाले कार्बन परमाणु से जुड़े परमाणु की परमाणु संख्या जितनी अधिक होगी, उसकी प्राथमिकता भी उतनी ही अधिक मानी जाती है। तब यदि उच्चतर प्राथमिकता वाले समूह दोहरे बन्ध के एक ही तरफ हों तो उन्हें *Z* इंगित करते हैं, अन्यथा *E*। 1,2-डाईक्लोरोएथीन के मामले में *सिस* और *ट्रांस* का फैसला आसान है। लेकिन



चित्र-6: कौन-सा E और कौन-सा Z?

क्या आप चित्र-6 में दर्शाए गए ज्यामितीय सम-अवयवियों में से तय कर सकते हैं कि कौन-सा *सिस* है और कौन-सा *ट्रांस*?

हो सकता है कि यह एक मामूली-सा अन्तर लगे कि कार्बन-कार्बन दोहरे बन्ध पर क्रियात्मक समूह एक ओर हैं या नहीं। लेकिन ऐसे दो सम-अवयवियों के बीच तमाम किस्म के अन्तर देखने को मिलते हैं - भौतिक गुणों में भी और रासायनिक क्रियाशीलता में भी।

सबसे पहले तो चूँकि इन अणुओं की आकृतियाँ अलग-अलग होती हैं, इसलिए इस बात पर असर पड़ता है कि ठोस अवस्था में ये कितने पास-पास पैक हो सकते हैं। तो इनके गलनांक भी अलग-अलग होंगे। प्रतिस्थापियों की प्रकृति के अनुसार, द्विध्रुव आघूर्ण (dipole moments) अलग-अलग हो सकते हैं, जिसकी वजह से उनके क्वथनांक भी अलग-अलग हो सकते हैं। और तो और, कुछ मामलों में, खासकर एंजाइम निर्देशित अभिक्रियाओं में, दोनों सम-अवयवियों की क्रियाशीलता और/या अभिक्रिया की गति भी अलग-अलग हो सकती है।

बॉक्स-2: वसा - *ट्रांस* बनाम *सिस*

अधिकांश सन्तृप्त वसाएँ ठोस होती हैं जबकि कई सारे बहु-असन्तृप्त वसा वनस्पति तेल होते हैं। जब इन बहु-असन्तृप्त वसाओं (एक से अधिक दोहरे बन्ध से युक्त) का हायड्रोजनीकरण किया जाता है, तो ठोस वसाएँ बनती हैं जिनका खाद्य उद्योग में काफी इस्तेमाल किया जाता है। दिलचस्प बात है कि कृत्रिम रूप से बनाई गई अधिकांश वसाओं में *ट्रांस* दोहरे बन्ध होते हैं जबकि अधिकांश प्राकृतिक असन्तृप्त वसाओं में *सिस* दोहरे बन्ध होते हैं। अध्ययनों से पता चला है कि *ट्रांस* वसा के उपभोग से हृदय रोग, स्ट्रोक और मधुमेह का खतरा अधिक होता है। अर्थात् किसी कार्बन यौगिक में ज्यामितीय सम-अवयवता का सम्बन्ध उसकी जैविक क्रिया से हो सकता है। (यहाँ बात आंशिक हायड्रोजनीकरण की हुई है। क्योंकि यदि पूर्ण हायड्रोजनीकरण किया जाएगा, तो *सिस-ट्रांस* का सवाल ही खत्म हो जाएगा।)

दर्पण प्रतिबिम्ब सम-अवयवता (Enantiomerism)

एंशियोमरिज्म का सम्बन्ध प्रकाशिक सक्रियता और कायरल कार्बन परमाणुओं से है (बॉक्स 3, 4 एवं 5 देखें - प्रकाशिक सक्रियता, कोई दर्पण प्रतिबिम्ब कब मूल वस्तु के जैसा होता है और कायरल कार्बन)। चतुष्फलकीय कार्बन परमाणु के आसपास चार क्रियात्मक समूहों की जमावट में हल्का-सा

परिवर्तन कोई बड़ा अन्तर नहीं लगता। और वास्तव में भी प्रकाशिक सम-अवयवी कोई और अन्तर नहीं दर्शाते - वे तो सिर्फ ध्रुवीकृत प्रकाश के तल को अलग-अलग दिशा में विचलित करते हैं। यह ज्यामितीय सम-अवयवियों से अलग है जिनके भौतिक व रासायनिक गुणधर्मों, दोनों में अन्तर आ जाता है। और तो और, यदि साधारण रासायनिक अभिकर्मकों से पाला पड़े, तो एनंशियोमर्स की अभिक्रियाएँ और क्रियाशीलता भी समान रहती हैं। लेकिन हैरत की बात तब होती है जब अभिकर्मक स्वयं प्रकाशिक सक्रिय हों या उनमें कायरल केन्द्र स्थित हों। यह चीज़ सजीव तंत्रों में देखी जाती है।

कारण जो भी रहा हो, मगर जब आदिम धरती पर जीवन की पहली शुरुआत हुई थी, तब कार्बनिक यौगिकों के एक मिले-जुले शोरबे में से कुछ ही यौगिक चुने गए थे और उनके प्रकाशिक सम-अवयवी खारिज कर दिए गए थे। जीवन के विकास के साथ अधिक-से-अधिक जटिल जीव उभरे, लेकिन बुनियादी जैव-रसायन नहीं बदला और हम देखते हैं कि सजीव तंत्र ज़्यादातर D-शर्कराओं और L-अमीनो अम्लों का उपयोग करते हैं (इन संकेतों का अर्थ बॉक्स-6 में देखें)।

बॉक्स-3: प्रकाशीय सक्रियता

क्वार्ट्ज़ वह पहला पदार्थ था जिसमें प्रकाशिक सक्रियता देखी गई थी - क्वार्ट्ज़ क्रिस्टल को ध्रुवीकृत प्रकाश के मार्ग में रखने पर ध्रुवण का तल क्लॉकवाइस या एंटीक्लॉकवाइस दिशा में घूम गया। जल्दी ही, इस तरह की प्रकाशिक सक्रियता द्रवों, विभिन्न यौगिकों के विलयनों और वाष्प अवस्था में भी देखी गई। प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले कई कार्बनिक यौगिक भी प्रकाशिक रूप से सक्रिय पाए गए थे, लेकिन प्रयोगशाला में संश्लेषण के दौरान जो उत्पाद मिलते थे, वे प्रकाशिक सक्रियता नहीं दर्शाते थे। उदाहरण के लिए, प्राकृतिक रूप से पाया जाने वाला टार्टरिक एसिड प्रकाशिक रूप से सक्रिय होता है लेकिन संश्लेषित टार्टरिक एसिड नहीं होता। बहरहाल, लुई पाश्चर ने टार्टरिक एसिड का सोडियम अमोनियम लवण बनाया जिसने घुलित अवस्था में कोई प्रकाशिक सक्रियता नहीं दर्शाई, लेकिन जब उसके रवे बनाए गए तो उन्होंने देखा कि रवे दो प्रकार के थे। ये दोनों एक-दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब थे और पाश्चर इन दो किस्म के रवों को अलग-अलग कर पाए थे। जब इन अलग-अलग किए गए रवों को अलग-अलग घोला गया तो दोनों घोलों ने ध्रुवीकृत प्रकाश को अलग-अलग दिशाओं में बराबर-बराबर मोड़ा।

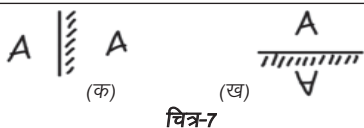
प्रयोगशाला में की गई अधिकांश अभिक्रियाओं में दो सम्भव एनंशियोमर्स का मिश्रण बनता है और दोनों बराबर मात्रा में बनते हैं। इसे रेसमिक मिश्रण कहते हैं क्योंकि ये ध्रुवीकृत प्रकाश के तल को नहीं मोड़ते। आश्चर्य की बात तो यह कि सजीव तंत्र अधिकांशतः इन दो सम्भव एनंशियोमर्स में से ज़्यादातर एक का ही उपयोग करते हैं, और एक ही बनाते हैं। और अब प्रयोगशालाओं में एक ही तरह का प्रकाशिक सक्रिय उत्पाद बनाने के लिए एंजाइम निर्देशित अभिक्रियाओं का उपयोग किया जा रहा है।

तो कोशिकाएँ ऊर्जा उत्पादन के लिए D-ग्लूकोज़ का उपयोग करती हैं, आरएनए तथा डीएनए के अणुओं में रायबोस तथा डीऑक्सीरायबोस D समावयवी होते हैं और स्टार्च, ग्लायकोजेन, सेल्यूलोज़ तथा कायटिन जैसे पोलिसेकराइड्स भी D समावयवियों से बने होते हैं। एक विचार यह है कि D समावयवियों को शुरुआती प्राथमिकता देने का कारण यह हो सकता है कि वे ज़्यादा स्थिर होते हैं। हालाँकि कोशिकाओं द्वारा कभी-कभार L समावयवियों

बॉक्स-4: कोई दर्पण प्रतिबिम्ब कब मूल वस्तु के जैसा होता है?

हमारी त्रिआयामी दुनिया में प्रकाशिक सम-अवयवता का सम्बन्ध किसी वस्तु और उसके दर्पण प्रतिबिम्ब से है जिसे वस्तु पर अध्यारोपित नहीं किया जा सकता। दूसरे शब्दों में, वस्तु असममित है। चलिए, किसी सममित वस्तु, जैसे A से शुरू करते हैं। यदि आप इसके बाजू में एक दर्पण रख दें तो प्रतिबिम्ब इसके समान होगा (देखें चित्र-7 'क')।

क्या होगा यदि आप दर्पण को इसके नीचे रख दें? आप सोचेंगे कि शायद अब प्रतिबिम्ब भिन्न होगा (देखें चित्र-7 'ख')।

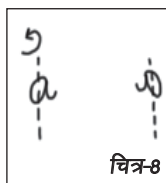


चित्र-7

लेकिन ज़रा कल्पना कीजिए कि आप प्रतिबिम्ब को 180 अंश से घुमा देते हैं। आप पाएँगे कि आपको वही अक्षर A मिल जाता है। यानी अक्षर A और उसका प्रतिबिम्ब हूबहू एक-समान हैं।

यदि आप इस अक्षर के बीच से एक रेखा खींच दें, तो आप पाएँगे कि बायाँ और दायाँ हिस्सा एक-दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब हैं। इसे सममिति का तल कहते हैं और अक्षर A सममित है।

अक्षर a के बारे में क्या विचार है? यदि आप अक्षर a के बाजू में एक दर्पण रख दें, तो दर्पण में बना प्रतिबिम्ब अलग दिखता है। चाहे जितना घुमाएँ मगर मूल अक्षर जैसा नहीं बना पाएँगे। तो क्या अक्षर a असममित है? दरअसल, ऐसा नहीं है क्योंकि इसमें सममिति की एक अक्ष है। यदि आप अक्षर के बीचोंबीच एक पतली छड़ घुसाएँ (चित्र-8 के अनुसार), और उसे घुमा दें तो आपको उसका दर्पण प्रतिबिम्ब प्राप्त होगा। या चाहें तो आप इस अक्षर को काँच की एक स्लाइड पर लिख दें और उसे दूसरी ओर से देखें, यानी आप वस्तु को पलटा दें, तो आपको दर्पण प्रतिबिम्ब मिलेगा।



चित्र-8

यदि आप सचमुच की असममिति देखना चाहते हैं, तो कहीं दूर जाने की ज़रूरत नहीं है। अपने हाथों को देखिए। आपका बायाँ हाथ न सिर्फ़ दाएँ हाथ का दर्पण प्रतिबिम्ब है, बल्कि आप अपने दाएँ हाथ को कितना भी मरोड़ें, घुमाएँ या पलटें, उसे आप अपने बाएँ हाथ जैसा नहीं बना पाएँगे।

और कायरल कार्बन परमाणु से बने यौगिकों में असममिति का यही गुण होता है।

का उपयोग किया जाता है, लेकिन इन कार्बोहायड्रेट के प्रसंस्करण (processing) के लिए प्रयुक्त जैव-रासायनिक मार्ग सर्वथा अलग होते हैं।

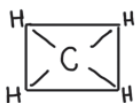
सामान्य प्रोटीन्स के निर्माण में 20 मानक अमीनो अम्लों का उपयोग होता है। और एक ग्लाइसिन को छोड़कर शेष सभी L-एनंशियोमर्स होते हैं। इसका मतलब हुआ कि जब अमीनो अम्लों की शृंखला बनती है, तो क्रियात्मक समूहों का उन्मुखीकरण शृंखलाओं के कतिपय कंफॉर्मेशन (conformations) को स्थायित्व प्रदान करता है। इस वजह से शृंखलाएँ एक निश्चित तरह से तह की जाती हैं और अन्तिम प्रोटीन को एक निश्चित आकार प्रदान करती हैं। अब चूँकि सजीव तंत्रों में कोशिकाओं के अन्दर अभिक्रियाओं में एंजाइम की मध्यस्थता होती है, और सारे एंजाइम प्रोटीन ही होते हैं, इसलिए अभिकर्मकों के क्रियात्मक समूह भी एक खास उन्मुखीकरण में होने चाहिए ताकि वे प्रोटीन के साथ फिट हो सकें। कुल मिलाकर, परिणाम यह होता है कि जैव रासायनिक अभिक्रियाएँ ऐसे प्रारम्भिक पदार्थों के साथ होती हैं, जो स्वयं असममित (प्रकाशिक रूप से सक्रिय) हैं और उत्पाद भी अक्सर प्रकाशिक सक्रिय होते हैं।

बॉक्स-5: कार्बन कार्बन

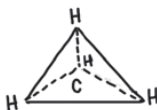
पूर्ण सन्तृप्त कार्बन परमाणुओं की ज्यामिति को चतुष्फलक के रूप में निर्धारित करने का काम ऐसे अल्केन्स, जिनमें विभिन्न संख्याओं में प्रतिस्थापी थे, के कई सारे ज्ञात सम-अवयवियों के आधार पर किया गया था। यह तो पता था कि मीथेन के चारों कार्बन-हायड्रोजन बन्ध परस्पर तुल्य हैं। यह इस बात से मेल खाता था कि या तो अणु का आकार एक-तलीय वर्गाकार (चित्र-9 'क') हो या चतुष्फलक (चित्र-9 'ख') हो।

दोनों ही मामलों में कार्बन परमाणु आकृति के मध्य में होगा। या यह भी हो सकता है कि यह एक वर्गाकार पिरामिड हो जिसमें कार्बन परमाणु शेष परमाणुओं के तल से ऊपर हो (चित्र-9 'ग')।

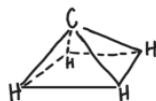
आप ऐसे किसी अणु में सम-अवयवियों की उम्मीद नहीं करेंगे जिसमें मात्र एक प्रतिस्थापी हो, या कार्बन से जुड़े तीन समूह समान हों, जैसा कि क्लोरोफॉर्म में है (चित्र-10 'क', 'ख' और 'ग')।



(क)

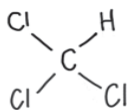


(ख)

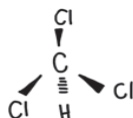


(ग)

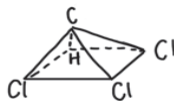
चित्र-9



(क)



(ख)



(ग)

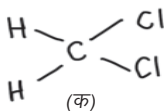
चित्र-10

यदि केन्द्रीय कार्बन परमाणु पर दो अलग-अलग प्रतिस्थापी हों (जैसे कि डाईक्लोरोमीथेन में होता है) तब आप निम्नलिखित स्थितियों में दो-दो समावयवियों की अपेक्षा करेंगे-

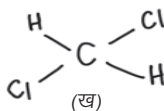
- जब अणु का आकार समतल वर्गाकार हो, या
- वर्गाकार पिरामिड हो

(चित्र-11 'क' और 'ख' तथा चित्र-12 'क' और 'ख')।

चित्र-11

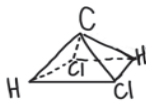


(क)



(ख)

चित्र-12



(क)



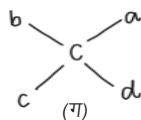
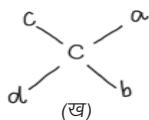
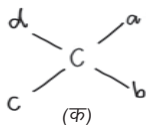
(ख)

लेकिन यदि अणु चतुष्फलक आकृति का हुआ तो आप सिर्फ एक सम-अवयवी की अपेक्षा करेंगे। और वास्तव में इस यौगिक का एक ही सम-अवयवी ज्ञात है।

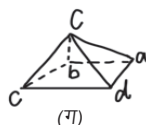
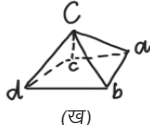
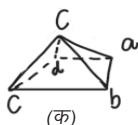
और आखरी मामला यह होगा जब कार्बन परमाणु चार अलग क्रियात्मक समूहों से जुड़ा हो। इस स्थिति में वर्गाकार समतल अणु में केन्द्रीय कार्बन के आसपास इन चार क्रियात्मक समूहों की तीन अलग-अलग व्यवस्थाएँ सम्भव होंगी (चित्र-13 'क', 'ख' व 'ग')। यदि अणु वर्गाकार पिरामिड हुआ, तो इन परमाणुओं की छः अलग-अलग व्यवस्थाएँ सम्भव हैं - तीन व्यवस्थाएँ चित्र-14 में दिखाई गई हैं। और इनमें से प्रत्येक का दर्पण प्रतिबिम्ब सम्भव होगा (आप स्वयं इन्हें चित्रित करने की कोशिश कीजिए)। और चतुष्फलकीय कार्बन सिर्फ दो सम-अवयवियों की इजाजत देगा और यही देखा गया है। लिहाज़ा, त्रिविम रसायन (स्टीरियोकेमिस्ट्री) एक प्रमाण है कि सन्तृप्त कार्बन परमाणु के चार बन्ध एक चतुष्फलक की आकृति में होते हैं।

जैसा कि आप देख सकते हैं, यदि किसी कार्बनिक यौगिक में कायरल कार्बन है तो दो सम-अवयवी सम्भव हैं जो एक-दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब होंगे। अधिकांश प्रकाशिक सक्रिय कार्बनिक यौगिकों में कम-से-कम एक कायरल कार्बन होता है। यदि किसी

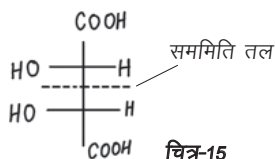
चित्र-13



चित्र-14



यौगिक में एक से अधिक कायरल कार्बन हों तो सम्भव है कि वह प्रकाशिक सक्रिय न हो। इसका एक उदाहरण मीसो-टार्टरिक एसिड है। यह प्रकाशित अक्रिय है क्योंकि इसमें सममिती का एक तल होता है (चित्र-15)।



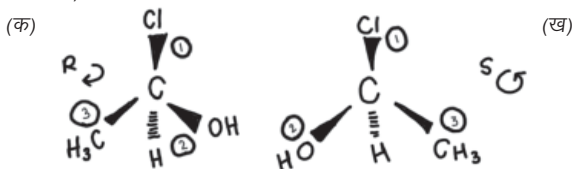
प्रत्येक मोनोमर के मात्र एक इनंशियोमर से शुरू करके जैविक मैक्रोमॉलीक्यूल स्वयं भी असममित बनता है। उदाहरण के लिए, दो सूत्रों वाला डीएनए दाईं ओर घूमती कुण्डली के रूप में ऎंठा होता है। और एनंशियोमर्स की जैविक क्रियाओं में फर्क होता है, जिसके चलते उनका स्वाद अलग-अलग हो सकता है (अमीनो अम्लों के प्रकाशिक सक्रिय समावयवी) या गन्ध अलग-अलग हो सकती है (कार्बोन के दो एनंशियोमर्स पहाड़ी पुदीना और शाहजीरा को अलग-अलग गन्ध देते हैं)।

बॉक्स-6: कायरल कार्बन का विवरण कैसे दें?

कोई अणु (वाष्प, तरल, ठोस या घुलित अवस्था में) ध्रुवीकृत प्रकाश के तल को बाईं ओर घुमाता है (यानी एंटीक्लॉकवाइज़) या दाईं ओर घुमाता है (यानी क्लॉकवाइज़), इस आधार पर उसे l - या d कहा जाता है। यहाँ l लीवो (laevo) का प्रथम अक्षर है, लैटिन में इसका मतलब है, बायाँ। d डेक्सट्रो (dextro) का प्रथम अक्षर है जिसका लैटिन में अर्थ होता है, दायाँ।

लेकिन इस विवरण से हमें कायरल परमाणु के आसपास विभिन्न समूहों की व्यवस्था के बारे में कुछ पता नहीं चलता। इसके लिए R व S प्रणाली का उपयोग किया जाता है। यह प्रणाली कान-इंगोल्ड-प्रीलॉग नियमों पर आधारित है। यहाँ प्रथमाक्षर (R व S) रेक्टस (rectus) तथा सिनिस्टर (sinister) के द्योतक हैं। ये भी लैटिन से लिए गए हैं। रेक्टस यानी दायाँ (क्लॉकवाइज़) तथा सिनिस्टर यानी बायाँ (एंटीक्लॉकवाइज़)। ज्यामितीय सम-अवयवियों के निर्धारण के सन्दर्भ में जैसा किया था, वैसे ही कायरल कार्बन से जुड़े समूहों को उनकी परमाणु संख्या के अनुसार

प्राथमिकता दी जाती है; सबसे ज्यादा परमाणु संख्या वाले समूह को सर्वोच्च प्राथमिकता मिलती है। इसके बाद, सबसे कम प्राथमिकता वाले समूह को पीछे रखकर, आप सर्वोच्च प्राथमिकता से सबसे कम प्राथमिकता की ओर जाते हैं (चित्र-16 देखें)।



चित्र-16

यदि ऐसा करने पर आप क्लॉकवाइज़ दिशा में जाते हैं (चित्र-16 'क') तो उस अणु को *R* सम-अवयवी कहते हैं और यदि एंटीक्लॉकवाइज़ जाते हैं तो सम-अवयवी को *S* कहा जाता है।

किसी प्रकाशिक सम-अवयवी के *R* / *S* नामकरण से इस बात का पता नहीं चलता कि वह ध्रुवीकृत प्रकाश के तल को किस ओर विचलित करेगा। *R* या *S* निर्धारण से हमें कार्बन कार्बन के आसपास समूहों की वास्तविक व्यवस्था का पता चलता है जबकि किसी समावयवी का *d* या *l* होना, उसकी ध्रुवीकृत प्रकाश के साथ अन्तर्क्रिया से पता चलता है।

इसके अलावा, कार्बोहायड्रेट तथा अमीनो एसिड्स को *D* या *L* इस आधार पर कहा जाता है कि उनमें ग्लिसराल्डीहाइड के सापेक्ष क्रियात्मक समूहों की व्यवस्था क्या है। तो, हमारी कोशिकाएँ *D*-ग्लूकोज़ को पचा लेती हैं जबकि *L*-ग्लूकोज़ उनके किसी काम का नहीं है।

तो, जाहिर है, किसी कार्बन कार्बन के आसपास विभिन्न समूहों की त्रिविम जमावट में छोटा-सा अन्तर प्रकाशिक सम-अवयवियों को जन्म दे सकता है। इसके असर अलग-अलग होते हैं, कभी-कभी अन्तर नाटकीय होते हैं। यह स्थिति कार्बन यौगिकों के अन्य किस्म के सम-अवयवियों से काफी ज्यादा है। कार्बन यौगिक रोमांचक और दिलकश हैं, नहीं? और क्या कार्बन के प्रति मेरा प्रेम जायज़ नहीं है?!

उमा सुधीर: एकलव्य के साथ जुड़ी हैं। दो दशक से ज्यादा से विज्ञान शिक्षण के क्षेत्र में काम कर रही हैं।

अंग्रेज़ी से अनुवाद: सुशील जोशी: एकलव्य द्वारा संचालित स्रोत फीचर सेवा से जुड़े हैं। विज्ञान शिक्षण व लेखन में गहरी रुचि।

सभी चित्र: अदिति पुतिगो: सृष्टि इंस्टीट्यूट ऑफ आर्ट, डिज़ाइन एंड टेक्नोलॉजी से डिज़ाइन की पढ़ाई। वर्तमान में, रियाज़ अकादमी फॉर इलस्ट्रेंटर्स में अध्ययनरत तथा बाल साहित्य और चित्रांकन के क्षेत्र में सक्रिय रुचि।