ऊलजलूल साइंस

इन्द्रधनुष ज़मीन पर गिर क्यों नहीं जाता?

माधव केलकर

बचपन से देखते रहे इन्द्रधनुष को लेकर हमारी कई तरह की जिज्ञासाएँ होती हैं। और इन जिज्ञासाओं के जवाब के लिए हमारी निर्भरता केवल पाठ्यपुस्तकों पर सीमित रहती है। लेकिन इन सबके जवाब पाठ्यपुस्तकों में मिल ही जाएँगे, ऐसा ज़रूरी नहीं है। पाठ्यपुस्तकें या सन्दर्भ पुस्तकें अक्सर अवधारणा का सरलीकरण करके, वायुमण्डल में ठहरी हुई पानी की एक या दो बूँदों के मार्फत इन्द्रधनुष के बनने को समझाने की चेष्टा करती हैं। जबकि इन्द्रधनुष का निर्माण बूँदों के एक विशाल समूह से होता है। इस लेख में यह टटोलने की कोशिश की गई है कि यह सरलीकरण किस हद तक एक सही समझ विकसित करता है और इसकी सीमाएँ क्या हैं।

बचपन में जब मैंने इन्द्रधनुष देखा तो आसमान में रंगीन पट्टा देखकर अच्छा लगा। आसमान में यह रोज़ तो नहीं दिखता, आज कहाँ से आ टपका - जैसे सवाल मन में ज़रूर उठे, लेकिन शायद पूछा किसी से नहीं।

उस दिन इन्द्रधनुष देखने के बाद दिमाग में एक खयाल ज़रूर आया कि क्या मैं साइकिल लेकर इस रंगीन पट्टे के नीचे से गुज़र सकता हूँ? तब मुझे पूरा यकीन था कि इतने विशाल इन्द्रधनुष के नीचे से साइकिल लेकर जाना मुमकिन है। आप भी कहेंगे, क्या ऊलजलूल खयाल है!

बच्चे का वो अद्भुत सवाल

छह-सात साल पहले, इसी तरह के एक और ऊलजलूल खयाल से मेरा सामना हुआ। मैं स्कूल विज़िट के दौरान एक माध्यमिक शाला में गया था। वहाँ शिक्षक ने बच्चों से मेरा परिचय करवाया। फिर हमने विज्ञान के कुछ प्रयोग करके देखे और उन पर बातचीत भी की। हमने दर्पण पट्टी और पानी की कटोरी से दीवार पर रंगीन पट्टा बनाने वाला एक छोटा-सा प्रयोग किया। उस रंगीन पट्टे से बात आसमान में दिखने वाले इन्द्रधनुष तक जा पहुँची। सभी बच्चों ने इन्द्रधनुष देखा हुआ था। इन्द्रधनुष

के रंगीन पट्टे में रंगों का क्रम भले ही किसी को याद न हो लेकिन आसमान में मेहराब (आर्च) की तरह फैलाव उन्हें बखूबी याद था। एक बच्चे ने कहा, "ऐसा लग रहा था जैसे गाँव से थोड़ा बाहर ही है। हमारे सामने मकान या पेड़ न होते तो हम उसे ज़मीन छूते हुए देख पाते।" फिर एक-दो बच्चों ने पूछा, "यह बनता कैसे है?"

खैर, मैंने बच्चों को आसमान में इन्द्रधनुष बनने के बारे में बताने की कोशिश की। बच्चों को विज्ञान की कक्षा में तब तक प्रकाश का परावर्तन, अपवर्तन और वर्ण-विक्षेपण पढ़ाया नहीं गया था। मुझे लगा, एक बार और तैयारी करके आना चाहिए। तभी एक बच्चे ने कहा, "एक सवाल पूछना था – आपने बताया था कि इन्द्रधनुष बारिश की बूँदों से बनता है। बारिश में बूँदें तो ज़मीन पर गिर जाती हैं, फिर इन्द्रधनुष उन बूँदों के साथ नीचे क्यों नहीं गिर जाता?"

अगले कुछ पल मैं बच्चे को देखता रह गया। फिर खुद को मानो होश में लाया और मुस्कुराने की कोशिश करते हुए बोल पड़ा, "मैं जल्द पता करके बताऊँगा। अभी तो मैं भी नहीं जानता।"

घर लौटा। मन में बेचैनी थी। कैसे उस बच्चे को बताया जाए कि पानी की बूँदें तो भौतिक वस्तु हैं। इसलिए वे बूँदें गिरती हैं और हम उन्हें गिरते हुए देख भी पाते हैं व छू भी पाते हैं। लेकिन इन्द्रधनुष कोई भौतिक वस्तु नहीं है। इसलिए उसे छूकर या पकड़कर देख पाना मुमकिन नहीं है। यदि सूरज के सामने अचानक कोई बादल आ जाए तो इन्द्रधनुष गायब हो जाएगा, भले ही इन्द्रधनुष को बनाने वाली पानी की भरपूर बूँदें हवा में मौजूद हों। या ऐसा भी हो सकता है कि जहाँ इन्द्रधनुष दिख रहा था, वहाँ पानी की बूँदों की संख्या कम हो जाए और इन्द्रधनुष धुँधला हो जाए या गायब होने लगे। मतलब, इन्द्रधनुष धुँधला पड़ सकता है, दिखाई देना भी बन्द हो सकता है, लेकिन बूँदों के साथ उसका नीचे गिरना मुमकिन नहीं है। बच्चों को किस तरह बताया जाए कि बारिश के दौरान हवा में छोटी-बड़ी, कई आकार की बूँदें होती हैं। बड़ी बूँदें तो ज़मीन पर गिरती हैं, लेकिन काफी सारी महीन या छोटी बूँदें हवा में ही तैरती रहती हैं। इन महीन बूँदों की वजह से ही इन्द्रधनुष का बनना सम्भव हो पाता है। बच्चे के मन में उठा सवाल स्वाभाविक था, लेकिन उसे समझा पाना थोड़ा मुश्किल ही होने वाला था।

इन बच्चों के साथ काम करते हुए मैंने पाया कि बहुत-से बच्चों को सरल रेखा पर बताए गए किसी बिन्दु पर 40 या 42 डिग्री का कोण बनाने में भी दिक्कत थी। छठवीं-सातवीं कक्षा के कई बच्चे चाँदे (प्रोटेक्टर) के इस्तेमाल में सहज नहीं थे। निर्देशित बिन्दु पर चाँदा कैसे रखना है, कहाँ

से नापना है – इसमें ही गफलत में पड़ जाते थे। ऐसे में, बच्चों को इन्द्रधनुष में विविध रंगों की किरणों से बनने वाले कोण को कैसे समझाया जाए? यह मैं चाहकर भी नहीं बता पाया कि सूरज की किरणों की उपस्थिति एवं, बूँदों और देखने वाले के किसी खास कोण के आसपास होने पर ही इन्द्रधनुष बनने की, और दिखाई देने की सम्भावना बनती है। इन तीनों के उस खास कोण पर न होने से हवा में मौजूद बूँदें, पानी की सामान्य बूँदें ही रह जाती हैं।

लेकिन बच्चे के इस सवाल की वजह से मैं इन्द्रधनुष को लेकर अपनी समझ में आए बदलावों को देखने की कोशिश कर पाया। साथ ही, मैं यह भी समझ पाया कि पाठ्यपुस्तकों में इन्द्रधनुष के बारे में क्या-क्या और किस तरह बताया जाता है। इस सब चहल-कदमी से कुछ मुद्दे सामने आए जो इस प्रकार हैं –

- माध्यमिक और हायर सेकेंडरी स्तर की ज़्यादातर पाठ्यपुस्तकों में इन्द्रधनुष के बारे में सरलीकृत ढंग से अत्यन्त संक्षेप में बता दिया जाना।
- द्विआयामी चित्र के माध्यम से अवधारणा को समझाने का प्रयास करना।
- अवधारणा को समझाने के लिए बनाए गए चित्रों में ऐसा आभास देना कि एक ही बूँद से सात रंग बाहर निकलकर इन्द्रधनुष बनाते हैं। और कई बार इन बूँदों की तुलना प्रिज़्म से कर देना।
- हवा में काफी ऊपर ठहरी हुई बूँद या बूँदों से ही इन्द्रधनुष बनता है, ऐसा आभास देना। इन्द्रधनुष के ज़मीन को छूते सिरों के बारे में कुछ न कहना।
- अवधारणात्मक समझ के लिए इन्द्रधनुष बनाकर देखने सम्बन्धी कोई गतिविधि न करवाना, या कोई टीएलएम न बनवाना।

हम इनमें से कुछ मुद्दों पर यहाँ चर्चा करेंगे।

इन्द्रधनुष की पाठ्यपुस्तकीय व्याख्या

आम तौर पर इन्द्रधनुष को लेकर हम सभी की अवधारणात्मक समझ पाठ्यपुस्तकों को पढ़कर या बाद में रेफरेंस बुक पढ़कर ही बनती है। मैंने सबसे पहले मध्यप्रदेश पाठ्यपुस्तक निगम की पुरानी पाठ्यपुस्तकों और एनसीईआरटी की पाठ्यपुस्तकों पर नज़र दौड़ाई।

माध्यमिक कक्षा की विज्ञान की किताब में इन्द्रधनुष के बारे में एक चित्र और एक पैराग्राफ दिया गया था (देखिए चित्र-1)।

हायर सेकेंडरी स्तर पर हवा में ठहरी हुई बूँद या बूँदों वाला डायग्राम और प्राथमिक तथा द्वितीयक इन्द्रधनुष के बारे में सिर्फ बुनियादी

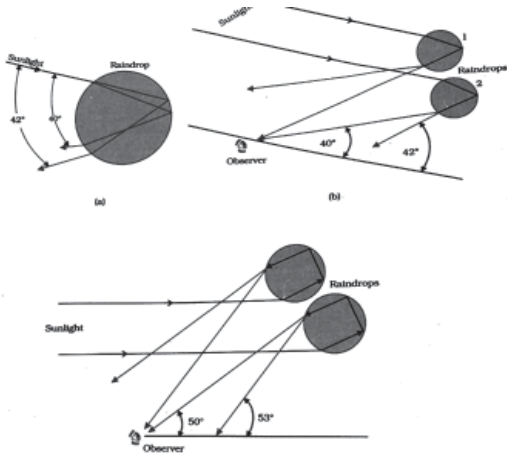
चित्र 8.12

जब सूर्य प्रकाश की किरणें वायुमंडल में तैरती पानी की बूँदों में गुजरती है तो वे प्रकाश के अपवर्तन के कारण रंगों में वैसे ही विभक्त हो जाती है, जैसे प्रिज्म में से गुजरने पर प्रकाश किरणें रंगों में विभक्त होती है अतः आकाश में इंद्रधनुष दिखाई देता है। इंद्रधनुष उस समय बनता है जब आकाश साफ हो और वायुमंडल में नमी हो।

चित्र-1: *कक्षा-8 की विज्ञान की किताब में इन्द्रधनुष।*

जानकारी दी गई है। स्नातक स्तर पर भी हायर सेकेंडरी की सामग्री का दोहराव ही होता है (देखिए चित्र-2)।

ज़्यादातर किताबों में आम तौर पर किरणों वाला एक डायग्राम होता है - एक बूँद, जिसमें से होकर सूरज की एक किरण अवलोकनकर्ता तक पहुँचती है। इस चित्र में प्राथमिक इन्द्रधनुष के बनने को समझाते हुए किरणों के बीच 40 या 42 डिग्री आदि भी लिखा होता है। इसी तरह चित्र में द्वितीयक इन्द्रधनुष के बनने को समझाने के लिए 50 या 53 डिग्री लिखा हुआ है। किरणों वाले ये चित्र थोड़े जटिल हैं। कभी 40-42 डिग्री का कोण आपतित और अपवर्तित किरणों के बीच बताया जाता है, तो कभी अपवर्तित किरण और धरातल के बीच बनने वाले कोण के रूप में दर्शाया होता है। किरणों के इन चित्रों को देखते-देखते मुझे क्या, किसी को भी यही विश्वास होता चला जाएगा कि एक बूँद से निकली किरणों से ही सात रंग का वर्णक्रम (इन्द्रधनुष) बनता है। कुछ पाठ्यपुस्तकों में लिखा भी होता था कि पानी की बूँद प्रिज़्म की तरह सफेद प्रकाश किरणों को सतरंगी वर्णक्रम में तब्दील करती है।



चित्र-2: *कक्षा-12 की भौतिकी भाग-2, एनसीईआरटी की किताब में इन्द्रधनुष।*

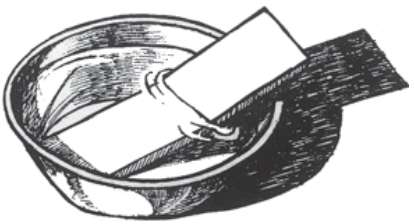
वैसे देखा जाए तो हम सबने प्रिज़्म के साथ अपवर्तन का प्रयोग करते हुए, प्रकाश किरणों को दो बार अपवर्तन के साथ प्रिज़्म के आर-पार

जाते हुए देखा है। पानी की बूँदों में भी दो बार अपवर्तन होता है लेकिन पानी की बूँदों में आकार की वजह से काफी सारा प्रकाश आन्तरिक परावर्तन और अपवर्तन की प्रक्रिया से गुज़रते हुए दर्शक तक पहुँचता है।

पानी की कटोरी से इन्द्रधनुष

एकलव्य में काम करते हुए जब मैंने होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम (होविशिका) के तहत माध्यमिक शालाओं में जाकर पहली बार एक दर्पण पट्टी और पानी की कटोरी से सतरंगी वर्णक्रम बनाकर देखा, तो मन को बहुत सुकून मिला। मेरे साथ 10-12 साल के बच्चे थे जो सहजता के साथ सतरंगा वर्णक्रम बना रहे थे। पानी को हिला-डुलाकर वर्णक्रम को हिचकोले खाते देखकर खुश हो रहे थे।

इस प्रयोग की व्याख्या करते हुए हमारे एक साथी बता रहे थे कि प्रिज़्म की तरह ही अपवर्तन के कारण यहाँ वर्णक्रम बन रहा है। शायद ऐसी व्याख्याओं की वजह से भी इन धारणाओं को बल मिलता है कि सात रंग बनाने के लिए पानी की एक बूँद ही पर्याप्त है।

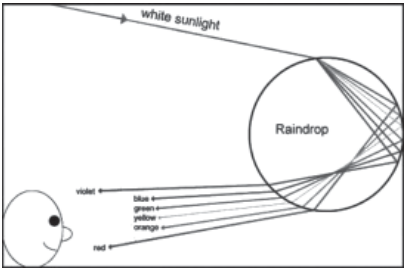


चित्र-3: *कटोरी, पानी, दर्पण पट्टी और सूर्य प्रकाश की मदद से इन्द्रधनुष बनाना।*

पानी की बूँदों की लोकेशन

अब अगले मुद्दे पर आते हैं - भ्रम का दूसरा बिन्दु है, पानी की बूँद से निकलने वाली किरणें और पानी की बूँदों की स्थिति। आम तौर पर पाठ्यपुस्तकों में या कुछ रेफरेंस पुस्तकों में ऐसे भी डायग्राम होते थे, जिनमें आसमान में ठहरी हुई एक बूँद से ही लाल और बैंगनी रंग की दो किरणें अवलोकनकर्ता तक पहुँचती हुई दिखाई जा रही हैं। कुछ चित्रों में ज़रूर दो बूँदें दिखाई जाती थीं जिनमें से एक बूँद से लाल रंग की किरण और दूसरी बूँद से बैंगनी रंग की किरण अवलोकनकर्ता तक आती है। लेकिन इन चित्रों के साथ कहीं भी यह नहीं लिखा होता कि हरेक रंग की किरण अलग-अलग बूँद से अवलोकनकर्ता तक पहुँच रही है। इसलिए यह भ्रम बना रहता है कि अवलोकनकर्ता को सात रंग कैसे दिखाई देते हैं।

बूँदें हमेशा काफी ऊँचाई पर लटकी हुई या ठहरी हुई क्यों दिखाते हैं, जबकि कई बार इन्द्रधनुष ज़मीन को छूता हुआ भी दिखाई दे जाता है? ज़्यादातर पाठ्यपुस्तकों और सन्दर्भ पुस्तकों में पानी की बूँदें हवा में ऊपर लटकी हुई ही दिखाई जाती हैं। मैंने

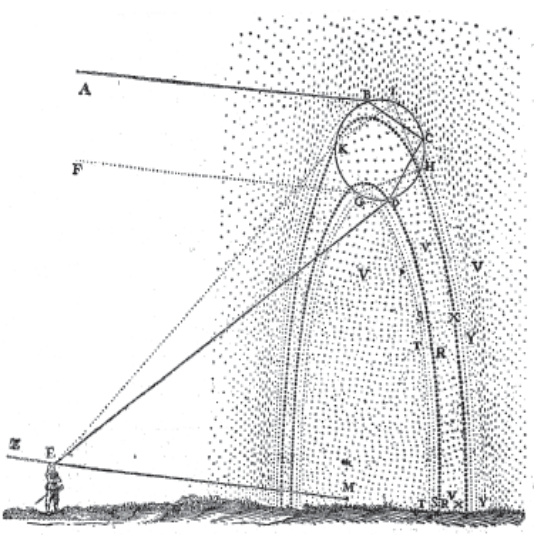


चित्र-4: *एक ही बूँद से निकलती सातों रंग की किरणें।*

एक किताब में देखा कि रेने देकार्त (1596-1650 ईस्वी) ने भी इन्द्रधनुष के बनने को लेकर अपने विचार लिखने के साथ प्राथमिक और द्वितीयक इन्द्रधनुष का रेखाचित्र बनाया था (देखिए चित्र-5)। उनके समय में भी अवलोकनकर्ता के लिए आसमान में काफी ऊपर ठहरी हुई या तैरती हुई बूँदों के समूह के मार्फत ही इन्द्रधनुष बनता दिखाया जा रहा था।

मुझे ऐसा प्रतीत होता है कि चूँकि इन्द्रधनुष क्षैतिज से काफी ऊपर दिखाई देता है, शायद इसलिए चित्र बनाते वक्त ऐसी धारणा बनी हो कि काफी ऊँचाई की बूँदों से अपवर्तित किरणों को दिखा देने से, सबको इन्द्रधनुष बनने की वजह समझ में आ सकती है।

इसी तरह, मुझे यह काफी समय तक स्पष्ट नहीं था कि इन्द्रधनुष के दोनों सिरे, जो आम तौर पर ज़मीन के काफी करीब दिखते हैं, जिनसे वे बनते हैं वे पानी की बूँदें 40 डिग्री से 42 डिग्री का कोण किस तरह बनाती होंगी। हमने किरणों के जो भी रेखाचित्र देखे थे, उन सब में बूँदें आसमान में काफी ऊपर लटकी दिखाई जाती थीं। ज़मीन के पास की बूँदों में सूरज की किरणें किस तरह प्रवेश करेंगी और अपवर्तित होकर किस तरह बाहर निकलकर अवलोकनकर्ता की आँखों तक पहुँचेंगी - इसका कोई डायग्राम देखा ही नहीं था। ऐसा कोई डायग्राम मैंने भी कभी बनाकर नहीं देखा।

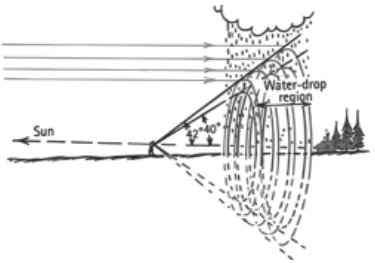


चित्र-5: *रेने देकार्त द्वारा सन् 1637 में प्राथमिक और द्वितीयक इन्द्रधनुष बनने को लेकर बनाया गया रेखाचित्र।*

रंग अलग-अलग बूँदों से

काफी समय बाद मुझे यह स्पष्ट हुआ कि इन्द्रधनुष के सातों रंग अलग-अलग बूँदों से आते हैं। वे बूँदें अवलोकनकर्ता से 40-41-42 डिग्री का कोण बनाते हुए मौजूद होती हैं। हालाँकि, हरेक बूँद से अपवर्तन के बाद सातों रंग की किरणें बाहर निकलती हैं लेकिन अवलोकनकर्ता की आँखों तक एक रंग की किरण ही पहुँच रही होती है। बाकी छह रंग की किरणें अवलोकनकर्ता की आँखों तक न पहुँचकर, कहीं दूर से निकल जाती हैं। इसलिए अवलोकनकर्ता को हरेक बूँद से सातों रंग दिखाई नहीं देते। उदाहरण के लिए, 42 डिग्री पर मौजूद बूँदों से हमारी आँखों तक सिर्फ लाल रंग की किरणें पहुँच रही होती हैं, तो 40 डिग्री पर मौजूद बूँदों से सिर्फ बैंगनी रंग की किरणें पहुँच रही होती हैं। बाकी रंग इन दोनों के बीच में मौजूद बूँदों से अपवर्तित होकर अवलोकनकर्ता तक पहुँच रहे होते हैं।

अभी तक हमने इन्द्रधनुष को लेकर जो बातचीत की है, उसमें एक प्रमुख मुद्दा था कि टू-डायमेंशनल (द्विआयामी) चित्रों के मार्फत पानी की बूँदें, अपवर्तित किरण, परावर्तित किरण, अवलोकनकर्ता वगैरह दिखाने होते हैं। द्विआयामी चित्रों से एक हद तक समझ तो बनती है, लेकिन इन चित्रों से अक्सर भ्रम भी बढ़ते हैं। जैसे कि इन चित्रों से ऐसा प्रतीत होता है कि इन्द्रधनुष एक द्विआयामी चाप है, जबकि हम जो इन्द्रधनुष देखते हैं, वह वास्तव में बिखरे हुए (डिस्पर्सड) प्रकाश का त्रिआयामी शंकु (cone) है। अलग-अलग रंग की किरणों को हमारी आँखों तक बिखेरने वाली सभी बूँदें शंकु के आकार में जमी होती हैं। जब हम आसमान में इन्द्रधनुष देख रहे होते हैं, तब हमें भी इस बात का एहसास नहीं होता कि इस अर्धचाप



चित्र-6

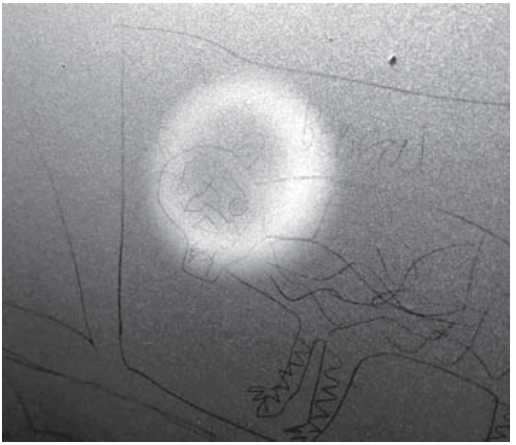
जैसे आकार में गहराई भी मौजूद हो सकती है।

यह शंकु एक के पीछे एक अलग-अलग परतों में मौजूद पानी की बूँदों से बना होता है। इन्द्रधनुष को देखते हुए आपकी नज़र बूँदों के उस समूह को भेद लेती है जिनसे आपका वाला इन्द्रधनुष बन रहा है। आपके पास खड़े व्यक्ति को दिखाई देने वाला इन्द्रधनुष फर्क बूँदों के समूह से बनेगा और आपके इन्द्रधनुष से थोड़ा अलग होगा। यदि किसी स्थान पर इन्द्रधनुष देखती हुई 50 लोगों की भीड़ खड़ी हो, तो उन सबका अपना-अपना फर्क इन्द्रधनुष होगा। आपने

एक कमरे के अन्दर का इन्द्रधनुष

एक स्थानीय पहल के सिलसिले में *एकलव्य* ने पटना में ऑफिस एवं गेस्ट हाउस बनाया था। यह गेस्ट हाउस अज़मत भाई के मकान की तीसरी मंज़िल पर था। दरवाज़ा पूरब की ओर था इसलिए सुबह तीन-चार घण्टे तक सूरज की रोशनी दरवाज़े पर बनी रहती थी। इस दरवाज़े पर एक पीप-होल लेंस लगा था ताकि भीतर से झाँककर देखा जा सके कि दरवाज़े के बाहर कौन खड़ा है।

रोज़ सुबह जब धूप बन्द दरवाज़े के पीप-होल लेंस पर पड़ती थी, तो कमरे के भीतर दरवाज़े के सामने वाली दीवार पर एक वृत्ताकार/चकतीनुमा सतरंगा इन्द्रधनुष बनता था (देखिए फोटो)। अगले तीन घण्टे में यह सतरंगी चकती अपनी जगह बदलती हई, दरवाज़े के पास की दीवार तक पहुँच जाती थी। तब यह इन्द्रधनुष वृत्ताकार से अण्डाकार हो जाता था। यह क्यों बनता होगा, कैसे बनता होगा - इसके बारे में आप भी सोचिए।



फोटो: माधव केलकर।

चित्र-7: *पटना गेस्ट हाउस का इन्द्रधनुष।*

शायद कभी गौर किया होगा कि यदि आप इन्द्रधनुष को देखते हुए चल रहे हों, तो आपका इन्द्रधनुष भी आपके साथ चलता हुआ प्रतीत होता है। अब तक की चर्चा के आधार पर यह समझना मज़ेदार है न कि आपके साथ चलता हुआ इन्द्रधनुष हर पल एक नया इन्द्रधनुष होता है। फिर भी, आप इन्द्रधनुष के किसी छोर तक नहीं पहुँच पाते। इसलिए जो इन्द्रधनुष आपको दिखाई देता है, उसका पीछा करना, उसकी ओर दौड़ना या साइकिल चलाकर वहाँ तक पहुँचने की कोशिश करना शायद कल्पनालोक में ही सम्भव है।

* * *

मैंने लेख की शुरुआत में बच्चे के सवाल वाली जिस घटना का ज़िक्र किया है, उसके बाद मैंने इस बात पर सोचना शुरू किया। कुछ विचार आए, जिन्हें आज़माकर देखने की

कोशिश की। कुछ खास हासिल नहीं हुआ, लेकिन एक-दो आइडिया मुझे कुछ बेहतर लगे जिन्हें आपके साथ साझा कर रहा हूँ।

गत्ते का त्रिभुज बनाना

किसी गत्ते पर आधार रेखा खींचते हुए, इस रेखा के एक छोर पर 42 डिग्री का कोण बनाकर, रेखा खींच लीजिए और चित्र-8 में दिखाए अनुसार काटकर एक त्रिभुज बना लीजिए। इस त्रिभुज के आधार को किसी समतल सतह पर रखते हुए अपनी ओर संकरा सिरा (न्यूनकोण वाला सिरा) रखिए।

त्रिभुज का चौड़ा वाला हिस्सा अपने से दूर रखिए। मान लीजिए, यह चौड़ा हिस्सा वायुमण्डल में दूर तक फैला हुआ है और वायुमण्डल में हवा में तैरती हुईं, पानी की ढेर सारी महीन बूँदें उपस्थित हैं। सूरज आपके पीछे की ओर है। अब त्रिभुज को दाईं-बाईं ओर घुमाकर देखिए, आपको अर्धवृत्ताकार आकृति जैसा प्रतीत होगा। इस त्रिभुज को बीच-बीच में रोककर देखिए कि सूर्य की किरणें

चित्र-8

इस अर्धवृत्ताकर आकृति पर मौजूद बूँदों से अपवर्तित होकर किस तरह अवलोकनकर्ता तक पहुँच रही होंगी।

जब आप इस कोणनुमा युक्ति को अपने हाथों से बनाकर और चलाकर देखेंगे तो आपको भी यह समझ आ जाएगा कि इन्द्रधनुष त्रिआयामी रचना है, भले ही चित्रों में वह द्विआयामी दिखती हो। दूसरी बात, यह भी स्पष्ट हो सकेगा कि आसमान में ऊँचाई पर और धरातल के पास की पानी की बूँदों से सूरज की किरणें किस तरह अपवर्तित होकर अवलोकनकर्ता तक पहुँचती हैं।

यह गतिविधि इसलिए दिखाना महत्वपूर्ण हो सकता है ताकि बच्चों की एक मोटी-मोटी अपितु गहरी समझ विकसित होने लगे कि इन्द्रधनुष किस तरह हमें दिखाई देता है और इसका आकार अर्धवृत्ताकार क्यों होता है।

इन्द्रधनुष में देखने और समझने के लिए और भी कई पहलू हो सकते हैं, जैसे द्वितीयक इन्द्रधनुष, आसमान में दिखने वाले छोटे चाप वाले इन्द्रधनुष, जलप्रपात के आसपास दिखने वाले इन्द्रधनुष, बगीचे में पानी की फुहार से बनने वाला सतरंगा वृत्त आदि। इसके अलावा, वायुमण्डलीय प्रकाशिकी (एट्मॉस्फेरिक ऑप्टिक्स) को भी समझने का मौका मिलता है।

ऊलजलूल सवालों से शुरू करके एक बार फिर मेरे बचपन वाले उसी

सवाल पर इस लेख की चर्चा छोड़ रहा हूँ - क्या मुझे दिखाई दे रहे इन्द्रधनुष के नीचे से मैं साइकिल लेकर जा सकता हूँ?

वैसे मुझे पूरा यकीन है कि आप सवाल सुनते ही बोल पड़ेंगे...।

इन्द्रधनुष - इतिहास के आइने में

वैसे तो इन्द्रधनुष और इन्सान की जान-पहचान पुरानी है। हो सकता है, कई लोगों ने इसके बनने के सम्बन्ध में कुछ सोचा हो या कयास लगाए हों। लेकिन हमारे पास जो जानकारी है, उसके मुताबिक, इन्द्रधनुष के बनने के सम्बन्ध में प्रसिद्ध दर्शनशास्त्री अरस्तु (ईपू 384 से 322 ईपू) ने पहली बार कोई वैज्ञानिक अवधारणा देने की कोशिश की थी। उन्होंने इस बात को जान लिया था कि बारिश, धूप और इन्द्रधनुष में कोई करीबी रिश्ता है। उन्होंने एक विचार रखा कि सूरज की रोशनी जब बादलों पर पड़ती है, तो वह एक खास कोण से परावर्तित होती है, जिसकी वजह से ज़मीन पर खड़े व्यक्ति को आसमान में गोलाकार इन्द्रधनुष उपस्थित होने का एहसास होता है।

अरस्तु के बाद लगभग 500 सालों बाद इन्द्रधनुष का ज़िक्र 'अलेक्ज़ेंडर ऑफ अफ्रोडिसियस' नामक व्यक्ति ने किया। उनका यह अवलोकन था कि प्राथमिक तथा द्वितीयक इन्द्रधनुष के बीच का आसमान (बाकी आसमान की तुलना में) कालिमा लिए होता है। आज हम इस कम प्रकाशित हिस्से को 'अलेक्ज़ेंडर बैंड' के नाम से जानते हैं।

इसके तकरीबन हज़ार साल बाद यानी सन् 1266 में, रोजर बेकन ने इन्द्रधनुष से जुड़ी गणनाएँ करके देखीं और बताया कि प्राथमिक इन्द्रधनुष की कमान सूरज की किरणों से 42 डिग्री का कोण बनाती है और द्वितीयक इन्द्रधनुष की कमान 8 डिग्री ज़्यादा यानी 51 डिग्री का कोण बनाती है। बेकन ने यह भी बताया कि प्राथमिक इन्द्रधनुष की तुलना में द्वितीय इन्द्रधनुष में रंगों का क्रम उलटा होता है।

लेकिन ये रंग किस तरह बनते हैं, इनका क्रम उलटा क्यों होता है - ऐसे कई सवालों के जवाब अरस्तु की परिकल्पना से समझ पाना सम्भव नहीं था। सच बात तो यह है कि अरस्तु की यह धारणा कि 'इन्द्रधनुष प्रकाश के परावर्तन से बनता है' दरअसल सही नहीं थी।

सन् 1304 में जर्मन धर्मगुरु 'थियोडोरिक ऑफ फ्रीबर्ग' ने इन्द्रधनुष को लेकर एक नई परिकल्पना पेश की। सूर्य की किरणें जब पानी की बूँदों में अपवर्तित होती हैं, तो एक खास कोण बनाती हुई बाहर निकलती हैं जिसकी वजह से इन्द्रधनुष बनता है। थियोडोरिक ने सिर्फ विचार ही पेश नहीं किया बल्कि इसे साबित करने के लिए अपने स्कूल के मैदान में काँच के गोल बर्तन में पानी भरकर, उसे धूप में रखा। ऐसा करने पर उन्होंने देखा कि सूरज की किरणें सिर्फ परावर्तित ही नहीं होतीं, बल्कि पानी में घुसकर अपवर्तित भी होती हैं और रंगीन किरणों में तब्दील

हो जाती हैं। उन्होंने यह भी देखा कि अपवर्तन के बाद ये किरणें एक खास दिशा में पानी से बाहर निकलती हैं। थियोडोरिक के अनुसार, बादलों में उपस्थित पानी की बूँदें गोल काँच के बर्तन में रखे पानी की तरह प्रकाश किरणों का अपवर्तन करती हैं।

रेने देकार्त (सन् 1596-1650) ने अपवर्तन से जुड़े प्रकाश के गुणधर्मों की जाँच करके इन्द्रधनुष से जुड़े कुछ सवालों के जवाब खोज निकाले। लेकिन अरस्तु का दर्शन के क्षेत्र में ऐसा रुतबा था कि फिर भी उनके इन्द्रधनुष बनने के विचार को कोई भी गलत नहीं कह पा रहा था।

सन् 1704 में न्यूटन ने अपने कुछ प्रयोगों, अवलोकनों और विश्लेषणों के बाद इन्द्रधनुष के बनने, रंगों वगैरह के बारे में विस्तृत व्याख्या प्रस्तुत की। पहले तो उन्होंने यह बताया कि सामान्य सफेद प्रकाश कई रंगों से मिलकर बना है। फिर उन्होंने काँच के प्रिज़्म की सहायता से सफेद प्रकाश के पुंज को सात रंगों में अलग करके दिखाया। अगले एक प्रयोग में उन्होंने पहले प्रिज़्म से सटाकर दूसरा प्रिज़्म रखा और सात अलग-अलग रंगों (अपवर्तित प्रकाश) को प्रिज़्म से गुज़ारकर, फिर से सफेद प्रकाश प्राप्त किया। इससे साबित हो गया कि काँच का प्रिज़्म किसी भी तरह रंगों का निर्माण नहीं कर रहा है। न्यूटन ने कुछ और प्रयोग करते हुए यह पता किया कि काँच के अलावा कुछ अन्य पदार्थ भी प्रकाश को अपवर्तित कर सकते हैं। इन पदार्थों में पानी भी शामिल था। इस तरह उनकी समझ में आया कि वायुमण्डल में मौजूद पानी की बूँदें प्रकाश को अपवर्तित और परावर्तित करती हैं, जो इन्द्रधनुष बनने का प्रमुख घटक है। न्यूटन ने सही निष्कर्ष निकाला था कि दरअसल आकाश में इन्द्रधनुष का बनना सूर्य की किरणों, बारिश की लाखों बूँदों और आपकी आँखों के बीच एक सफल संयोजन है।

माधव केलकर: *संदर्भ* पत्रिका से सम्बद्ध हैं।

संदर्भ में प्रकाशित इन्द्रधनुष से सम्बन्धित अन्य लेख-

1. बरसात, पानी की गोल बूँद और इन्द्रधनुष – अंक-16, मार्च-अप्रैल, 1997.
2. सावन का महीना, इन्द्रधनुष और कुछ विज्ञान – अंक-31, अप्रैल-मई, 2000.

पठन सन्दर्भ: *कॉन्सेप्चुअल फिज़िकल साइंस*, पॉल हेविट।

चित्र सन्दर्भ:

चित्र-1: विज्ञान, कक्षा-8, मप्र एससीईआरटी, वर्ष 2009.

चित्र-2: भौतिकी भाग-2, कक्षा-12, एनसीईआरटी, वर्ष 2021.

चित्र-3: *प्रकाश मॉड्यूल*, एकलव्य।

चित्र-4: http://www.disf.org/files/pic/raindrop.jpg

चित्र-5: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bb/Descartes_Rainbow.png/960px-Descartes_Rainbow.png?_=20140625093859

चित्र 6 व 8: *कॉन्सेप्चुअल फिज़िकल साइंस*, पॉल हेविट।