अंक 4 | जून, 2023 | अर्ध वार्षिक | बेंगलूरु

Azim Premji University

आई वंडर...

रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

पेज 8

एक कलात्मक अन्वेषण

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय का प्रकाशन

सम्पादन समिति

चित्रा रवि, सम्पादक
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज,
बिक्कनाहल्ली मेन रोड,
सरजापुरा, बेंगलूरु
chitra.ravi@apu.edu.in

राधा गोपालन, सम्पादक
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज,
बिक्कनाहल्ली मेन रोड,
सरजापुरा, बेंगलूरु
radha.gopalan@gmail.com

रामगोपाल (राम जी) वल्लत, सम्पादक
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज,
बिक्कनाहल्ली मेन रोड,
सरजापुरा, बेंगलूरु
ramg@azimpremjifoundation.org

अमोल आनन्दराव काटे
अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन,
बसन्तकुंज,शासकीय लेबर ऑफिस के पास
भटकड़ा चौराहा,सिरोही
amol.kate@azimpremjifoundation.org

सौरभ सोम
अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन,
महिमानन्द कुरियाल भवन,भटवारी रोड, उत्तरकाशी
saurav.shome@azimpremjifoundation.org

विजेता रघुराम
इंडिया बायोसाइंस,
नेशनल सेंटर फॉर बायोलॉजिकल साइंस, बेंगलूरु
vijeta@indiabioscience.org

आनन्द नारायणन
भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम
anand@iist.ac.in

शिव पाण्डेय
अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन,
वार्ड न. 3, चन्दन नगर, पोस्ट ऑफिस दिनेशपुर,
उधम सिंह नगर
shiv.pandey@azimpremjifoundation.org

यास्मीन जयतीर्थ
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु
yasmin.cfl@gmail.com

हृदय कान्त दीवान
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु
hardy@azimpremjifoundation.org

सुशील जोशी
सम्पादकीय कार्यालय, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु
rusushil@yahoo.com

मूर्ति ओवीएसएन
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय,
सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु
murthy.ovsn@apu.edu.in

वेंकट नाग विनय सूरम
अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन,
190, गाँधी बाज़ार, बसवनगुड़ी, बेंगलूरु
vinay.suram@azimpremjifoundation.org

सम्पादकीय कार्यालय

सम्पादक, आई वंडर... रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस,
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु - 562 125 कर्नाटक
फोन: 080-66144900 | **फैक्स:** 080-66144900 | **ईमेल:** publications@apu.edu.in | **वेबसाइट:** www.azimpremjiuniversity.edu.in

यह मूल रूप से अँग्रेज़ी में प्रकाशित आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस अंक 8, जून 2022 के लेखों का हिन्दी अनुवाद है। अँग्रेज़ी अंक की सॉफ्ट कॉपी https://azimpremjiuniversity.edu.in/iwonder... से डाउनलोड की जा सकती है। इस हिन्दी अंक की सॉफ्ट कॉपी या अलग-अलग लेख https://anuvadasampada.azimpremjiuniversity.edu.in/ पर उपलब्ध हैं।

हमारे बारे में

आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस स्कूल शिक्षकों के लिए एक विज्ञान-पत्रिका है। हमारा उद्देश्य ऐसे लेखों को प्रस्तुत करना है जो शिक्षकों (साथ ही अभिभावकों, शोधकर्ताओं और अन्य इच्छुक वयस्कों) को शिक्षण के विभिन्न आयामों और कक्षा व कक्षा के बाहर आजीवन विज्ञान सीखते रहने के बारे में एक सरल और चिन्तनशील बातचीत से जोड़ें। हम ऐसे लेखों का स्वागत करते हैं जो विज्ञान व विज्ञान-शिक्षा पर आलोचनात्मक दृष्टिकोण साझा करते हैं, मूलभूत अवधारणाओं (कैसे, क्यों और आगे क्या) की गहरी व व्यापक समझ प्रदान करते हैं। साथ-ही-साथ जो अधिक अनुभवात्मक और सार्थक तरीक़ों से विज्ञान सीखने को प्रोत्साहित करने वाली कार्यप्रणालियों के उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। *आई वंडर...रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस* विद्यार्थियों व विज्ञान में रुचि रखने वालों के लिए भी एक बढ़िया स्रोत है।

सम्पादकीय

कल्पना हमारे जीवन के सभी पहलुओं — संगीत, कला, साहित्य, वैज्ञानिक आविष्कारों और खोजों में व इस बात में भी है कि हम प्राकृतिक दुनिया में अपनी जगह को कैसे समझते हैं। हमारी कल्पना शक्ति यह सम्भव बनाती है कि हम इस बारे में सोचें कि दुनिया कैसी थी, आज क्या है और यह क्या हो सकती है। और जब हम 'क्या होगा यदि?' और 'क्या हो सकता है', जैसे प्रश्न पूछते हैं तो वे कहीं अधिक सम्भावनाएँ खोलते हैं। वे हमें, हम जो जानते हैं और जहाँ हम हैं, उससे परे ले जाते हैं, हमें नए तरीक़ों से सोचने और बनाने के लिए प्रेरित करते हैं। यह वह प्रक्रिया है जिसके बारे में मनोवैज्ञानिक और संज्ञानात्मक वैज्ञानिक कहते हैं, *"यही वह काम है जिसे हमारा मानवी दिमाग़ सबसे बेहतर करता है — काल्पनिक को लेकर उसे हक़ीक़त बना दो।"*

इसके लिए हमें, हम जो देखते और जानते हैं; उसे मात्र दोहराने से आगे जाने की आवश्यकता है; मौजूदा ज्ञान का नए तरीक़ों से मूल्यांकन या संयोजन करने की आवश्यकता है। विज्ञान के सन्दर्भ में, संज्ञानात्मक वैज्ञानिक निगेल जे.टी. थॉमस बताते हैं कि, *"वैज्ञानिक **समझ** में शामिल है वास्तविकता के कुछ पहलुओं को एक ख़ास तरीक़े से देखना आना और रचनात्मकता निर्भर करती है चीज़ों को **नए** तरीक़े से देखने पर।"* विज्ञान का अभ्यास (अवलोकन, तर्क, कल्पना के ज़रिए परिकल्पना बनाना, प्रयोग, और प्रमाण होने का अहसास देने के लिए व्याख्याएँ करना) एक रचनात्मक प्रक्रिया है।

अक्सर रचनात्मकता को बुद्धिमान या प्रतिभाशाली व्यक्तियों की एक अनूठी विशेषता माना जाता है। लेकिन रूसी मनोवैज्ञानिक लियो वायगोत्स्की कहते हैं कि यह उसमें मौजूद होती है, *"जब भी कोई व्यक्ति कोई कल्पना करता है और नया गढ़ता है, चाहे वह कितनी भी छोटी-सी क्यों न हो।"* वे हमें याद दिलाते हैं कि मानव समाज की रचनाओं का बड़ा हिस्सा सामूहिक रचनात्मकता (लोगों की व्यक्तिगत *'छोटी-छोटी'* रचनाओं के एक साथ आने) से उभरा है । यहाँ, वायगोत्स्की स्कूली बच्चों में रचनात्मकता पैदा करने के महत्त्व पर ज़ोर देते हैं क्योंकि *"सम्पूर्ण मानवता का भविष्य रचनात्मक कल्पनाएँ करके ही बनेगा।"* और यदि हम शिक्षा का उद्देश्य बच्चों को भविष्य के लिए तैयार करना रखते हैं, *"तो इसे पाने के लिए उठाए जाने वाले मुख्य क़दमों में से एक होना चाहिए कल्पना और रचनात्मकता का विकास एवं अभ्यास।"* वायगोत्स्की कहते हैं बच्चों में कल्पनाएँ 'उमड़ते' रहने के लिए उन्हें समृद्ध और विविध अनुभव दिए जाएँ। बच्चों में रचनात्मकता पोषित होती रहे इसके लिए ज़रूरी है एक ऐसा माहौल जहाँ बच्चे बिना इस डर के कि कोई उन्हें आँक रहा स्वयं को स्वतंत्र रूप से अभिव्यक्त कर सकें। मनोवैज्ञानिक मार्क रनको इसे *'एक सहिष्णु वातावरण'* कहते हैं। वे आगे कहते हैं कि, *"माता-पिता या एक शिक्षक के रूप में आप दर्शा सकते हैं कि रचनात्मकता का महत्त्व है और जब आपका बच्चा ऐसा उत्तर दे जो आपके लिए अप्रत्याशित था तो उसे खुले मन से स्वीकारें।"*

इस अंक में हमारे कई लेखकों ने विज्ञान शिक्षण और अधिगम में रचनात्मकता के विभिन्न आयामों पर अपने अनुभव और अन्वेषण साझा किए हैं। थीम सेक्शन 'हमारी रासायनिक दुनिया' में रंजीत सम्भावनाएँ प्रस्तुत करते हैं कि रासायनिक अभिक्रियाओं का सहयोगात्मक-कलात्मक अन्वेषण विद्यार्थियों को उनकी रसायनविज्ञान की समझ को मज़बूत करने और वैज्ञानिक कौशल विकसित करने के लिए खोल सकता है। इस तरीक़े में शिक्षक की भूमिका पर विचार प्रस्तुत करते हुए रंजीत अपने अनुभव साझा करते हैं कि किस तरह बच्चों के सवालों और आईडिया के प्रति चौकस और खुले होने से रचनात्मक सवालों को पोषित कर सकते हैं और उन्हें अपने सीखने का स्वामित्व लेने के लिए सशक्त बना सकते हैं। उमा और श्रीनिवासन अपने-अपने सम्बन्धित लेखों, पदार्थ की प्रकृति और तत्व क्या हैं, में इस पर बात करते हैं कि कैसे रसायनविज्ञान के इतिहास को शामिल करना विद्यार्थियों को रसायनविज्ञान की अमूर्त अवधारणाओं को समझने में मदद कर सकता है। ये दोनों लेख विद्यार्थियों में वैज्ञानिक खोजबीन और अभ्यास में सामूहिक रचनात्मकता के महत्त्व को समझाने में भी मदद कर सकते हैं। कविता लिखना कल्पना और भावों को शब्दों में गढ़ने की अनूठी अभिव्यक्ति है। लेकिन विज्ञान कक्षा में इसका क्या स्थान/ अहमियत है? हमारे 'मैं एक वैज्ञानिक हूँ' कॉलम में, वैज्ञानिक-कवि माला बताती हैं कि कैसे वे कविताओं और रसायनविज्ञान दोनों के प्रति अपने जुनून को एक साथ लाकर अपने विद्यार्थियों को रासायनिक दुनिया से परिचित करवाती हैं। उन्हें लगता है कि विद्यार्थियों को कविताएँ लिखने के लिए प्रोत्साहित करना उन्हें विषय के साथ अच्छे से जुड़ने में मदद करने का एक तरीक़ा हो सकता है और शिक्षकों को विद्यार्थियों की समझ के बारे में जानकारी दे सकता है। एक समावेशी, पूर्व राय-मुक्त, कक्षा का सुरक्षित माहौल विद्यार्थियों को सोच-विचार, सवालों और जाँच-पड़ताल में कल्पनाशील बनाता है। 'विज्ञान शिक्षक काम पर' खण्ड में प्रकाशित अपने लेख में धन्या कक्षा में इसी तरह का माहौल बनाने की बात करती हैं और ऐसा करने से खुलने वाली उन सम्भावनाओं के बारे में बताती हैं जो विद्यार्थियों को मानव प्रजनन के विभिन्न आयामों की गहनता से समझने में मदद करेंगे।

अपनी कक्षाओं में रचनात्मकता को बढ़ावा देने और फलने-फूलने देने के आपके अनुभव क्या हैं। अपने अनुभवों को हमारे साथ साझा करें और इस अंक पर अपनी प्रतिक्रिया दें। हमारा ई-मेल है iwonder@apu.edu.in.

राधा गोपालन
सम्पादक

अनुवाद : मीनाक्षी **पुनरीक्षण :** प्रतिका गुप्ता **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

फोटो सौजन्य

मुख्य आवरण : Acid etching with nail polish. Credits: Shutterstock. URL: https://www.shutterstock.com/image-photo/flatlay-woman-cosmeticisolated-1033405636.

पिछला आवरण : Harvesting salt.
Credits: Arvind Rangarajan. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salt_field_worker.jpg. License: CC-BY-SA.

सलाहकार
मनोज पी., राजाराम नित्यानन्द, एस. गिरिधर तथा सुधीश वेंकटेश

प्रकाशन समन्वयक
शान्ता के.
शहनाज़ बेगम

हिन्दी अंक सम्पादक
राजेश उत्साही

हिन्दी अनुवाद
एकलव्य फ़ाउण्डेशन
समन्वय : प्रतिका गुप्ता

चित्रांकन
विद्या कमलेश

अँग्रेज़ी अंक डिज़ायन
जिंक एवं ब्रोकोली

हिन्दी अंक लेआउट एवं मुद्रक
आदर्श प्रा.लि. भोपाल
+91-755-2555442

License
All articles in this magazine are licensed under a Creative Commons-Attribution-Non Commercial 4.0 International License

कृपया ध्यान दें : इस अंक में व्यक्त सभी विचार और मत लेखकों के हैं। अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय या अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन उसके लिए किसी भी रूप में ज़िम्मेदार नहीं है।

इस अंक में

हमारी रासायनिक दुनिया

पदार्थ की प्रकृति
उमा सुधीर

एक कलात्मक अन्वेषण
रंजीत कुमार दाश

तत्व क्या हैं ?
श्रीनिवासन कृष्णन

गतिविधि शीट-1 : अम्ल-नक़्क़ाशी
शिक्षक निर्देशिका : गतिविधि शीट-1
शिक्षक द्वारा प्रदर्शन : क्या अम्ल नक़्क़ाशी अपने आप थम सकती है?
गतिविधि शीट-2 : नक़्क़ाशी के लिए कम अम्ल
रंजीत कुमार दाश

विविध
क्या बताती है विषुव के समय आपकी परछाईं?
आलोक माण्डवगणे और वरुणी पी.

विज्ञान की प्रकृति

कौशल सिखाइए तथ्य नहीं
मेमलनी ट्रेचेक-किंग

विज्ञान शिक्षक काम पर

मानव प्रजनन शिक्षण
धन्या के.

विविध
तरलता की चाह
माला राधाकृष्णन

48 **विद्यार्थियों के डिज़ाइन को उभारना**
रवि सिन्हा, आशीष कुमार परदेसी और दीपा चारी

54 **खाने के ज़रिए जैव-विविधता से जुड़ना**
राधा गोपालन

विविध
सोडियम क्लोराइड
डालिया साल्दान्हा

66 **दक्षता-आधारित अधिगम ढाँचा स्कूल विज्ञान के लिए**
आँचल चोमल और शिल्पी बनर्जी

मैं एक वैज्ञानिक हूँ

73 **साक्षात्कार माला राधाकृष्णन से**

विविध
गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करना
अनीश मोकाशी

82 **सुखद संयोग से हुई एक खोज**
डी. पी. कस्बेकर

बुकलेट : क्रियाओं की व्याख्या !
रोहिणी चिन्ता

पदार्थ की प्रकृति

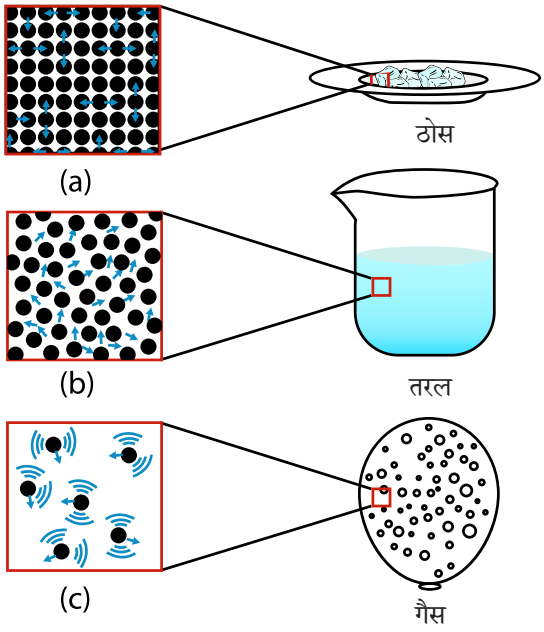
उमा सुधीर

पदार्थ की प्रकृति के बारे में बच्चों में कौन-सी आम वैकल्पिक अवधारणाएँ होती हैं? ये कैसे बनती हैं? बच्चों के स्तर के अनुरूप वे क्या तरीक़े हो सकते हैं जिनका उपयोग करके शिक्षक उनमें वैज्ञानिक रूप से अधिक सटीक समझ बना सकें?

भौतिक वैज्ञानिक रिचर्ड फ़ाइनमैन ने कहा था कि अगर सिर्फ़ ज्ञान का एक ही टुकड़ा हमें अगली पीढ़ी में पहुँचाना हो तो फिर यह होना चाहिए कि पदार्थ कणमय होते हैं। परमाणु सिद्धान्त आधुनिक रसायनविज्ञान की बुनियाद है। और इसीलिए बच्चे औपचारिक रूप से रसायन का पाठ्यक्रम पढ़ना शुरू करें उससे पहले ही उन्हें परमाणु सिद्धान्त पढ़ाया जाता है। लेकिन, न तो यह सिद्धान्त और न ही इससे जुड़ी अन्य अवधारणाएँ विस्तृत रूप से पढ़ाई जाती हैं और न ही पदार्थ के कण की प्रकृति के सिद्धान्त को आत्मसात करने के लिए बच्चों को पर्याप्त समय दिया जाता है। इसके अलावा न ही पदार्थ के कण की प्रकृति के बारे में कोई प्रमाण उनके साथ साझा किए जाते हैं और न ही बच्चे यह समझ पाते हैं कि परमाणु सिद्धान्त कैसे रासायनिक परिवर्तन या फिर अवस्था परिवर्तन की व्याख्या करता है। मामला तब और पेचीदा हो जाता है जब बच्चों को शुरुआती चरण में ही रासायनिक चिह्नों से परिचित कराया जाता है। और बग़ैर किसी ब्यौरे के यह चिन्ह अलग-अलग समय पर अलग-अलग चीज़ें दर्शाने के लिए प्रयोग किए जाते हैं। नतीजतन बच्चों के लिए परमाणु एक रहस्यमयी चीज़ ही बनी रहती है और वे उन्हें दर्शाने वाले प्रतीकों और दिखने वाली स्थूल घटनाओं के बीच कभी सम्बन्ध स्थापित नहीं कर पाते हैं।

पूर्व और वैकल्पिक अवधारणाएँ

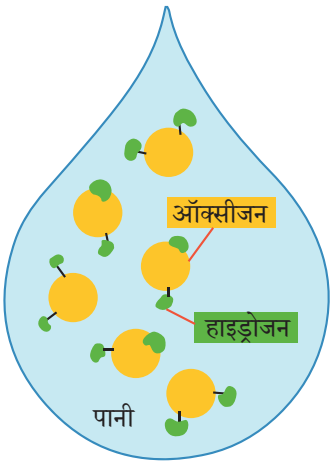
बच्चों की समझ में यह कमी कई अध्ययनों में स्पष्ट दिखती है। अध्ययन बताते हैं कि बच्चों में पदार्थ की कणीय प्रकृति के प्रति कई तरह की पूर्व और वैकल्पिक अवधारणाएँ होती हैं, जिन्हें भूलना या 'अनसीखा' करना ख़ासा मुश्किल होता है। बच्चे अपने अवलोकन के आधार पर आमतौर पर मानते हैं कि पदार्थ के गुण सतत हैं। इस कारण वे पदार्थ और पदार्थ के परमाणु की प्रकृति के बीच के सम्बन्ध के लिए सम्पूर्ण समझ विकसित नहीं कर पाते। उदाहरण के लिए, क्योंकि क्लोरीन गैस का रंग पीला-हरा-सा होता है इसलिए वे मानते हैं कि इसके परमाणुओं का रंग भी पीला-हरा-सा ही होगा। इसी तरह बच्चे मानते हैं कि स्थूल (मेक्रोस्कोपिक) व्यवहार में आए परिवर्तन कणों में आए परिवर्तन की वजह से हैं। वे मानते हैं कि



चित्र-1 : भ्रमों को बढ़ावा देने वाला एक कारण पाठ्यपुस्तकों में दिए गए भ्रामक चित्र भी हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, एनसीईआरटी की वर्तमान कक्षा-9 की पाठ्यपुस्तक के पहले अध्याय का यह चित्र देखें। अगर इस चित्रांकन को विद्यार्थी सही मानते हैं तो वे मानेंगे कि इस पदार्थ की ठोस अवस्था का घनत्व उसी पदार्थ की द्रव अवस्था के घनत्व से दोगुना होगा और तरल पदार्थ का घनत्व इसी पदार्थ की गैसीय अवस्था के घनत्व का सिर्फ़ लगभग चार गुना होगा। निश्चित रूप से यह किसी भी ज्ञात पदार्थ के बारे में सही नहीं है।

ठोस पदार्थ फैलता है क्योंकि परमाणु फैलते हैं, कण पिघलते हैं और ठोस पदार्थ द्रव में बदल जाता है। कई अन्य अध्ययनों में यह पाया गया कि बच्चे किसी घटना या परिघटना के साथ सही तकनीकी शब्दों को सही-सही ढंग से जोड़ सकते हैं लेकिन वे उस घटना का ठीक-ठीक विवरण नहीं दे पाते। जैसे जब कमरे के तापमान पर रखा एक बर्फ़ का टुकड़ा दिखाया गया तो बच्चों ने यह तो सही-सही बता दिया कि यह पिघल रहा है लेकिन उन्हें यह पता नहीं था कि पिघलने का आण्विक स्तर पर क्या मतलब होता है।

ऐसा बच्चों को समझाने में इस्तेमाल किए चित्र और मॉडल की वजह से भी हो सकता है। उदाहरण के लिए, गर्म करने पर (अधिकतर) ठोस पदार्थों के फैलने को काफ़ी बढ़ा-चढ़ाकर बताया जाता है और जब (अधिकतर) ठोस पदार्थ पिघलते हैं तो उनके घनत्व में होने वाली कमी भी बढ़ा-चढ़ाकर बताई जाती है (देखें **चित्र-1**)। तरल पदार्थों को इस तरह प्रस्तुत किया जाता है जिससे लगता है कि वे आसानी से दबाए जा सकते हैं। तरल पदार्थ के गैस में बदलने पर घनत्व में होने वाली कमी को कम कर के दिखाया जाता है। ज़्यादातर रेखाचित्र में जितने अणु दिखाए जाते हैं उनसे यह पता नहीं चलता कि कितने कणों के बारे में बात की जा रही है — इसलिए बहुत बड़ी संख्या में कणों की सामूहिक क्रिया से पैदा होने वाले 'स्थूल' गुणों की धारणा अनुपस्थित रहती है। चित्रों में अक्सर कण के रंग को स्थूल पदार्थ के रंग से जोड़कर दिखाया जाता है। क्या कार्बन का परमाणु काले रंग का होगा? और अक्सर चित्रों में पानी के अणु नीली पृष्ठभूमि पर तैरते हुए दिखाए जाते हैं (**चित्र-2**)। इससे बच्चों को यह लगता है कि पानी और उसके अणु दो स्वतंत्र चीज़ हैं।



चित्र-2 : पानी का प्रत्येक अणु हाइड्रोजन के दो परमाणुओं और ऑक्सीजन के एक परमाणु से मिलकर बना होता है। तो यह नीली पृष्ठभूमि क्या है जिसमें ये परमाणु तैरते दिखते हैं?

बच्चों में कुछ भ्रम इसलिए भी बनते हैं क्योंकि हम शिक्षक अक्सर आसान रास्ते अख़्तियार करते हुए कुछ ग़लत वृत्तान्त/विवरण दे देते हैं। उदाहरण के लिए, हम कहते हैं कि पानी हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से बना होता है। इससे लगता है कि पानी का अणु हाइड्रोजन के दो परमाणु और ऑक्सीजन के एक परमाणु से मिलकर बना होता है। लेकिन पानी तो पानी के अणुओं से बना होता है और उसमें हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के कोई गुण नहीं दिखाई देते।

बच्चों में कुछ अन्य भ्रम इससे भी पैदा होते हैं कि शिक्षक और पाठ्यपुस्तकें पदार्थ की बात करते समय अक्सर अलग-अलग स्तरों की बात करने लगती हैं। उदाहरण के लिए वे कभी अभिक्रिया कर रहे पदार्थ की स्थूलदर्शीय (मेक्रोस्कोपिक) विवरण पर, कभी उनके अतिसूक्ष्मदर्शी (किसी क्रिया में भाग लेते हुए परमाणु और अणु के) गुणों पर और कभी सांकेतिक (सूत्र और समीकरण) प्रणाली पर बात करते हैं। यह बातें वे बच्चों को यह स्पष्ट किए बग़ैर करते हैं कि इनमें क्या बदलाव हो रहा है, किन पहलुओं पर बात हो रही है और यह आपस में किस तरह सम्बन्धित हैं। चूँकि बच्चों को रासायनिक क्रियाओं को संचालित करने का पर्याप्त अनुभव नहीं मिलता और न ही वे कारकों और उत्पादकों के द्रव्यमान के बीच के सम्बन्ध को देख पाते हैं, यही वज़ह है कि उनके लिए स्थूल घटनाओं और परमाण्विक स्तर पर सूत्रों व समीकरणों के रूप में उनकी व्याख्या के बीच जुड़ाव कर पाना मुश्किल होता है। उदाहरण के लिए, बच्चे अक्सर ऐसी बातें कहते हैं कि N_2 और O_2 से N_2O_5 नहीं बनाई जा सकती क्योंकि इसे बनाने के लिए ऑक्सीजन के तीन और परमाणुओं की ज़रूरत होगी। यहाँ पर उलझन की एक वज़ह यह है कि बच्चे तत्व और उन्हें प्रस्तुत करने वाले संकेत/ सूत्र के सम्बन्ध को नहीं समझ पाते। चूँकि उन्हें ये पता नहीं होता कि किस तरह से सूत्र तैयार हुए और उनका अर्थ

क्या है, बच्चे समीकरणों को सन्तुलित करने के लिए सूत्रों में मौजूद विभिन्न परमाणुओं की संख्याओं को भी बदल देते हैं (एक ऐसी गतिविधि जो किसी भी अभिक्रिया की सटीक मात्रात्मक प्रकृति को दर्शाती है, उसकी बजाय बच्चे उसे एक गणितीय गतिविधि के तौर पर देखते हैं)।

बच्चे पढ़ाने के लापरवाही भरे ढंग से अक्सर नहीं जान पाते कि किसी तथ्य की व्याख्या करने में कौन-सी अवधारणा उपयोगी या प्रासंगिक है। उदाहरण के लिए, जिन बच्चों ने पानी के विद्युत अपघटन से हाइड्रोजन और ऑक्सीजन बनती देखी है सम्भावना है कि वे कहेंगे कि पानी को उबालने पर यह हाइड्रोजन और ऑक्सीजन (दोनों गैस) में बदल जाता है। यह भ्रम इसलिए भी हो सकता है क्योंकि इस अवलोकन को अनुचित महत्त्व दिया जाता है कि उबालने और विद्युत अपघटन दोनों में ऊर्जा लगती है।

पदार्थ के कण की प्रकृति के सीधे उपयोगों के अलावा बच्चों को गैस को पदार्थ समझने में भी मुश्किल होती है। इसीलिए, वे रासायनिक क्रियाओं में इस्तेमाल होने वाली या पैदा होने वाली गैसों को ध्यान में नहीं रखते। इससे यह भ्रम फैलता है कि एक रासायनिक क्रिया आख़िर क्या है। उदाहरण के लिए, अगर लोहे में ज़ंग लगने में ऑक्सीजन और वातावरण की नमी की भूमिका ज्ञात नहीं होगी तो बच्चे यह समझेंगे कि कुछ समय बाद लाल और भुरभुरा होना लोहे का एक गुण होता है। बच्चे यह भी सोचते हैं कि लोहा ज़ंग लगने के बाद भी लोहा ही रहता है और ज़ंग लगना लोहे की प्रकृति में है जो धूसर भूरे पदार्थ में अपरिवर्तित रहती है। यह ऐसा ही है जैसे वे उम्र बढ़ने से इसकी तुलना कर रहे हैं — निर्जुली नाम की एक बच्ची बड़ी होती है, उसकी ऊँचाई, वज़न, आकार लगभग सब कुछ बदलता है, लेकिन वह है तो निर्जुली ही!! उन्हें यह भी समझने में समस्या होती है कि गैसों के कणों के बीच काफ़ी ख़ाली जगह होती है।

जहाँ बच्चों की पदार्थों के बारे में पहले से ही अवधारणाएँ बनी हुई हों, वे आसानी से वैज्ञानिक विचारों को नहीं मानते। उदाहरण के लिए, यह पाया गया कि बच्चे पदार्थ के कण की प्रकृति का इस्तेमाल गैसों की व्याख्या करने में करते हैं क्योंकि उन्हें गैसों की प्रकृति के बारे में पहले से कुछ पता नहीं होता, लेकिन वे इस बात का विरोध करते हैं कि ठोस और द्रव पदार्थ भी कणों से बने होते हैं। इसलिए वे यह मानते हैं कि ठोस और द्रव पदार्थों के कणों के गुण उनके स्थूल गुणों जैसे ही होंगे। ऐसा इसलिए भी है क्योंकि बच्चे आमतौर पर मानते हैं कि ठोस और द्रव के परमाणुओं के गुण उनके स्थूल गुणों के समान हैं। इस प्रकार के वैकल्पिक विचारों की उपस्थिति जाँच करने पर ही पता चलती है क्योंकि बच्चे बग़ैर ठोस समझ के अपेक्षित उत्तर देना आसानी से सीख लेते हैं और हम उन्हें तत्परता से स्वीकार कर लेते हैं। यह इसलिए भी होता है क्योंकि हम यह जानने की पर्याप्त कोशिश नहीं करते कि उनके द्वारा कुछ सीखा गया है या नहीं।

पदार्थ के गुणों से परिचय

फिर इस तरह के बहुत-ही पेचीदा सिद्धान्तों को बच्चों तक पहुँचाने का सबसे बेहतरीन तरीक़ा क्या होगा? हमें लगता है कि जब तक वे विभिन्न पदार्थों के भौतिक गुणों और उनके आपस में अभिक्रिया करने के तरीक़े से परिचित नहीं होते, तब तक वे एक सम्मिलित सिद्धान्त की ज़रूरत महसूस नहीं करेंगे जो पदार्थ की प्रकृति के इन सारे पहलुओं की व्याख्या कर सकती है। एकलव्य में, हम इन अवधारणाओं को पढ़ाने के लिए मिडिल स्कूल (कक्षा-6, 7 और 8) में बच्चों को विभिन्न पदार्थों के भौतिक व रासायनिक गुणों से अवगत कराते हैं और हमें लगता है कि अमूर्त सिद्धान्त को सिर्फ़ हाई स्कूल (कक्षा-9 और 10) में ही पढ़ाना चाहिए। इसका मतलब कि मिडिल स्कूल में बच्चों का परिचय सिद्धान्तों से कराने से पहले नीचे दिए गए विचारों व ठोस अनुभवों से अवश्य होना चाहिए :

1. पदार्थों के विशिष्ट गुण

बच्चों को ऐसे सामान्य परीक्षण से परिचित होना चाहिए ताकि उन्हें यह पता चले कि विभिन्न रासायनिक पदार्थों के भिन्न-भिन्न गुण होते हैं जिन्हें परखा जा सकता है और जिनका निरीक्षण किया जा सकता है। उन्हें पदार्थों के रासायनिक गुणों के आधार पर उनमें अन्तर करने का थोड़ा अनुभव लेने की ज़रूरत है, उदाहरण के लिए, धातुएँ एक जैसी दिखाई दे सकती हैं लेकिन अम्लों के साथ उनकी क्रियाएँ स्पष्ट रूप से अलग-अलग होती हैं और इसका सरलता से अध्ययन किया जा सकता है।

2. रासायनिक-भौतिक परिवर्तन

अक्सर शिक्षक यह बताने के लिए कि रासायनिक परिवर्तन हुआ है और एक नया पदार्थ बना है, कुछ सटीक संकेत बताते हैं। लेकिन वे यह तभी समझ पाएँगे जब वे रासायनिक परिवर्तन और भौतिक परिवर्तन में अन्तर करने वाले और जिन परिस्थितियों में ये परिवर्तन हुए, उन्हें दर्शाने वाले प्रयोग करेंगे। इसके लिए, उन्हें सामान्य परीक्षण करने में सक्षम होना होगा, पदार्थों के गुणों को परखने के लिए और यह बताने के लिए कि शुरुआती पदार्थों व उत्पादों के गुण कैसे अलग हैं।

3. पदार्थ की विभिन्न अवस्थाएँ

जैसा कि पहले वर्णन किया गया है बच्चे यह बहुत पहले सीख जाते हैं कि किसी प्रक्रिया के साथ सही शब्द कैसे जोड़ना है, लेकिन अवस्था परिवर्तन के दौरान अतिसूक्ष्मदर्शी स्तर पर क्या हो रहा है और अवस्था परिवर्तन कैसे किया जा सकता है इसकी उन्हें कोई समझ नहीं होती। पानी के उबलने की प्रक्रिया के दौरान ऊर्जा का ख़र्च बर्फ़ के पिघलने की तुलना में शायद ज़्यादा स्पष्टता से दिखता है। इसी तरह यह

स्पष्ट नहीं होता कि संघनन और जमने की उल्टी प्रक्रियाओं में ऊर्जा की बराबर मात्रा निकलती है या वाष्पीकरण से होने वाले शीतलन की तरफ़ भी अक्सर विशेष ध्यान नहीं दिया जाता। ऐसा करने का एक उपाय हो सकता है अलग-अलग मौसमों में होने वाले परिवर्तनों का ध्यान से अवलोकन करना। ठण्डे प्रदेशों में यह कहा जाता है कि बर्फ़बारी के बाद ठण्ड कम हो जाती है और बर्फ़ जब पिघलती है तो ठण्ड बढ़ जाती है। गर्म प्रदेशों में रहने वाले लोग किन परिस्थितियों का उपयोग कर सकते हैं? पानी के भाप बनने के असर का अवलोकन कर सकते हैं परन्तु इसके साथ समस्या यह है कि बड़े पैमाने पर वाष्पीकरण होने पर हमें अक्सर 'गर्मी' लगती है क्योंकि आर्द्रता की वज़ह से हमें अधिक पसीना आता है। इसी प्रक्रिया को उलटकर समझने के लिए शायद जल-वाष्प के संघनन का विस्तृत ढंग से अध्ययन किया जा सकता है।

4. तत्व, यौगिक, मिश्रण में भेद

यहाँ शुद्धता और पृथक्करण के जुड़वाँ प्रश्न की पड़ताल भी महत्त्वपूर्ण है। जिस तरह से यह पढ़ाया जाता है उससे बच्चे अक्सर भ्रमित रहते हैं कि यौगिक और मिश्रण में क्या अन्तर है और तत्वों के कण क्यों होते हैं। एकलव्य में हमने इसलिए बच्चों के साथ मिश्रण को शुद्ध करने पर काम किया। इसके अलावा हम उनसे पृथक्करण और शुद्धता दोनों सवालों पर साथ बात करते हैं। इससे समझ आता है कि किसी पदार्थ को शुद्ध वर्गीकृत करना, हमारे पास उपलब्ध पृथक्करण की तकनीकों और सैम्पल की शुद्धता के परीक्षण की विधियों पर निर्भर करता है।

चलते-चलते

इस अमूर्त सिद्धान्त से बच्चों को कैसे अवगत करवाया जाए? हमें लगता है कि सीधे डाल्टन के आधार तत्वों पर छलाँग लगाने की सामान्य परम्परा सही नहीं होगी। इसकी बजाय हम बच्चों को मिडिल स्कूल में पदार्थों के स्थूल गुणों से परिचय करवाएँ और उसके बाद सरल प्रयोगों के ज़रिए उनके भौतिक और रासायनिक गुणों में आने वाले परिवर्तन समझने में मदद करें तो अधिक उपयोगी होगा। फिर हाई स्कूल में हम बताएँ कि पदार्थ की प्रकृति के बारे में क्या विभिन्न सिद्धान्त दिए जाते थे और कैसे इन बहसों को सुलझाया गया। इतिहास को रसायनशास्त्र के भेष में प्रस्तुत करने की बजाय, इन प्रक्रियाओं में न सिर्फ़ डाल्टन का, बल्कि बर्जीलियस, गे-लुज़ेक, एवोगेड्रो और केनीज़ारो जैसे अन्य की सम्मिलित कोशिशें शामिल हैं। इसी के साथ, वे डॉल्टन के परमाणु सिद्धान्त के अत्यन्त सरल विश्लेषण को आत्मसात करने और बॉयल और लेवॉज़िए जैसे वैज्ञानिकों के योगदानों से भी अवगत हो जाएँगे। इसके अलावा, इतिहास के क्रम में रसायनशास्त्र के क्षेत्र में हुए विचारों के विकास से बच्चों को परिचित कराने से विज्ञान की प्रकृति और उसकी पद्धति जैसे पहलुओं को समझने में भी उनको मदद मिलेगी।

मुख्य बिन्दु

- पदार्थ के बारे में विभिन्न वैकल्पिक अवधारणाएँ बच्चों के लिए पदार्थ की कणीय प्रकृति को समझना या अवलोकन की गई घटना की व्याख्या के लिए इसका उपयोग करना मुश्किल बनाती हैं।
- बच्चे अक्सर पदार्थ के स्थूल गुण को उसके घटक परमाणु का गुण मान लेते हैं।
- इनमें से कुछ भ्रम पाठ्यपुस्तकों में भ्रामक चित्रों के कारण और कुछ इन्हें समझाने में लापरवाह रवैये के कारण आते हैं।
- मिडिल स्कूल के स्तर पर विद्यार्थियों को अलग-अलग 'रासायनिक' अनुभव देना हाई स्कूल में अमूर्त सिद्धान्त पढ़ाने के लिए मज़बूत नींव बना सकते हैं।

Notes:

1. This article was first published in Sandarbh, Issue 83, pg 13-21. This version is restructured and revised for conciseness.
   URL: https://www.eklavya.in/magazine-activity/sandarbh-magazines/192-sandarbh-from-issue-81-to-85/sandarbh-issue-83/560-children-s-misconceptions-about-the-nature-of-matter-by-uma-sudhir.
2. Source of the image used in the background of the article title: Rusting iron. Credits: Logan King, Wikimedia Commons.
   URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rusty_Barbed_Wire.jpg. License: CC-BY-SA.

उमा सुधीर एकलव्य के विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम से जुड़ी हुई हैं।

अनुवाद : सन्दीप दुबे **पुनरीक्षण :** प्रतिका गुप्ता **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

एक कलात्मक अन्वेषण

रंजीत कुमार दाश

क्या रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए खोजबीन-आधारित दृष्टिकोण में लिथोग्राफ़ी (lithography) की कला और सौन्दर्य को एकीकृत करना विद्यार्थियों की समझ को मज़बूत कर सकता है और उन्हें विज्ञान में महत्त्वपूर्ण कौशल विकसित करने में मदद कर सकता है? इस तरह के दृष्टिकोण से किस तरह के प्रश्न, चर्चाएँ और विषयान्तर (digressions) निकलते हैं? इस तरह की खोजबीन को सुगम बनाने में शिक्षक की क्या भूमिका होती है?

विज्ञान पढ़ाने के लिए एक अनुभवात्मक खोजबीन-आधारित दृष्टिकोण न केवल वैचारिक समझ को मज़बूत कर सकता है, बल्कि विद्यार्थियों को विज्ञान के अभ्यास में महत्त्वपूर्ण कौशल विकसित करने में मदद करने के लिए विषय-विशेष के सीखने के परिणामों से परे भी जा सकता है। इनमें अवलोकन, आलोचनात्मक प्रश्न, अमूर्त सोच (abstract thinking), समझ में अन्तर को देख पाना (स्वजागरूकता), प्रयोग और सहयोग (प्रायोगिक कौशल) शामिल हैं। क्या हम विद्यार्थियों को सचेतन (mindfulness) और सौन्दर्य की भावना के साथ काम करने

बॉक्स-1 : लिथोग्राफ़ी (lithography) क्या है?

लिथोग्राफ़ी शब्द दो ग्रीक शब्दों से लिया गया है — 'लिथोस' का अर्थ है 'पत्थर' और 'ग्रेफिन' का अर्थ है 'लिखना'। तेल और पानी की अमिश्रणीयता (immiscibility) के आधार पर यह एक सपाट सतह पर चित्र बनाने के लिए सरल रासायनिक प्रक्रियाओं का उपयोग है। अपने सरलतम रूप में, एक छवि (जिसे पोजिटिव छवि कहा जाता है) एक हाइड्रोफोबिक (hydrophobic, जल-विरोधी) माध्यम (जैसे मोम क्रेयॉन, तेल पेंट या नेल पॉलिश) के साथ एक सपाट ठोस सतह (जैसे चूना पत्थर या मार्बल) पर खींची जाती है। सतह पर त्रि-आयामी विशेषताएँ प्रदान करने के लिए एक जलीय अम्ल घोल (aqueous acid solution) का उपयोग निगेटिव छवि (सतह के रंग विहीन भागों) को उकेरने के लिए किया जाता है। कोई भी नक़्क़ाशी के लिए एक पैटर्न चुनते समय पोजिटिव और निगेटिव दोनों छवियों के दृश्य प्रभावों को संयोजित करने का प्रयास कर सकता है।

के लिए जगह देकर ऐसे सीखने के अनुभवों को गहरा कर सकते हैं?

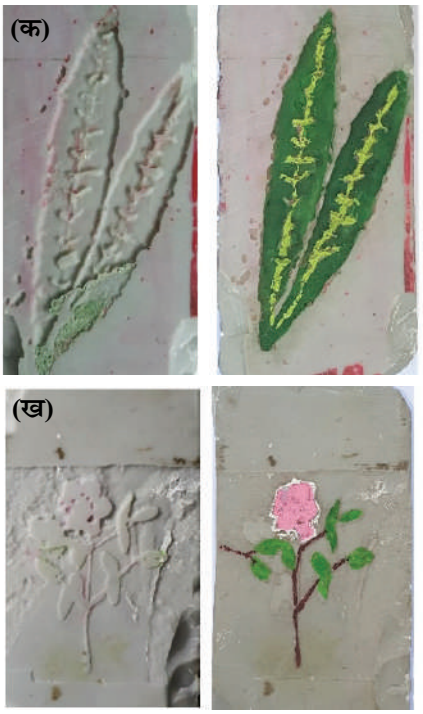
इस प्रश्न का जवाब खोजने के लिए, मैंने कक्षा-7 के विद्यार्थियों को लिथोग्राफ़ी (lithography) की कला का उपयोग करते हुए रासायनिक अभिक्रियाओं के मूल सिद्धान्तों से परिचित कराया (**बॉक्स-1** देखें)। मुझे पता था कि इस तरह के प्रायोगिक (hands-on) काम पर उनका ध्यान आकर्षित होने की सम्भावना है। मेरे निर्णय को इस तथ्य से भी दिशा मिली थी कि मेरी कक्षा के विद्यार्थियों को विभिन्न प्रकार की कलाकृति से अवगत कराया गया था और उन्होंने स्वयं कलाकारी करने का आनन्द लिया था। उनमें से कुछ ने इस तरह की कलाकृति के लिए आवश्यक प्रायोगिक कौशल की क्षमता भी दिखाई थी।

गतिविधि के उद्देश्य

इस गतिविधि का एक उद्देश्य रासायनिक अभिक्रियाओं में महत्त्वपूर्ण अवधारणाओं की समझ को मज़बूत करना था। इस आयु वर्ग के विद्यार्थियों को अभी तक पदार्थ की परमाणु संरचना से परिचित नहीं कराया गया था, लेकिन वे पदार्थों के गुणों और अम्ल-क्षार अभिक्रियाओं के बारे में कुछ प्रारम्भिक विचारों के सन्दर्भ में रासायनिक अभिक्रियाओं की वास्तविक समझ से परिचित थे। जहाँ कुछ विद्यार्थी पदार्थ के नामकरण और वर्गीकरण से जुड़े विषयों को समझने की उत्सुकता दिखा रहे थे, वहीं कुछ विद्यार्थी इन विषयों की अमूर्त प्रकृति से स्वयं को नहीं जोड़ पा रहे थे। सभी विद्यार्थी कुछ ऐसे रासायनिक परिवर्तनों को देखने के लिए काफ़ी उत्सुक थे, जिनके बारे में उन्होंने सुना और पढ़ा था।

दूसरा व्यापक उद्देश्य, विद्यार्थियों में काम करने और एक साथ खोजबीन करने की प्रवृत्ति विकसित करने में मदद करना और एक वैज्ञानिक के रूप में ठोस अनुभवों का पता लगाना था। इस तरह की गतिविधियाँ अनिवार्य रूप से विद्यार्थियों से दिलचस्प सवाल और टिप्पणियाँ निकालती हैं। हालाँकि शिक्षक के लिए ऐसे प्रश्नों की अधिकता कभी-कभी चुनौतीपूर्ण हो सकती है, फिर भी मुझे लगता है कि इनमें से केवल कुछ प्रश्नों के ही उत्तर देने की आवश्यकता है। कुछ अन्य प्रश्न शिक्षक द्वारा संशोधित किए जा सकते हैं लेकिन बहुत-से प्रश्नों को सम्भवतः कुछ सुझावों के साथ या दिशा देकर, विद्यार्थियों द्वारा स्वयं अन्वेषण करने के लिए छोड़ा जा सकता है। शिक्षक प्रश्नों की इस अन्तिम श्रेणी को विद्यार्थियों द्वारा चीज़ों/ अवधारणाओं को समझने के तरीक़ों से जुड़ने के एक न्यौते के रूप में देख सकते हैं। ये विद्यार्थी के मन की प्रकृति को प्रकट करते हैं जो एक साथ अवलोकन कर रहा है, पूछताछ कर रहा है, स्पष्टीकरण देने की कोशिश कर रहा है और अपनी सोच को रोज़मर्रा के अनुभव से जोड़ रहा है।

चित्र-1: अम्ल नक़्क़ाशी (acid etching) में शामिल विभिन्न चरण।
Credits: Ranjit Kumar Dash. License: CC-BY-NC.



चित्र-2 : पुनः चित्रण (repainting) के कुछ उदाहरण। (क) में जुड़वाँ पत्ते और **(ख)** में फूल को फिर से रंगा गया है।
Credits: Ranjit Kumar Dash. License: CC-BY-NC.

गतिविधि

मैंने विद्यार्थियों को अपनी आधार सामग्री के रूप मार्बल स्लैब और समुद्री सीपियों से परिचित कराकर गतिविधि शुरू की (**गतिविधि शीट-1** देखें)। मैंने सम्पूर्ण प्रक्रिया और उसकी अपेक्षाओं के बारे में भी बताया (**चित्र-1** देखें)।

चरण-1 और 2 में, मैंने विद्यार्थियों को उनकी रचनात्मकता को प्रोत्साहित करने के लिए उनसे समूहों में काम करने और आधार सामग्री की सतह पर उनके द्वारा चयनित किसी भी आकृति को नेल पॉलिश से पेंट करने को कहा। यहाँ शिक्षक को यह सुनिश्चित करने की आवश्यकता हो सकती है कि प्रत्येक समूह में इस बात की अच्छी समझ/ समरूपता हो कि क्या बनाना है।

चरण-3 शिक्षक द्वारा किया जाना था। प्रत्येक स्लैब (जिसे नक़्क़ाशी के लिए तैयार किया गया था) को एक उथले पारदर्शी प्लास्टिक पैन में रखकर जलीय हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

बॉक्स-2 : क्या अम्ल नक़्क़ाशी अपने आप रुक जाएगी?

हमने पूरी कक्षा के दौरान इस प्रयोग को जारी रखकर इस सम्भावना का पता लगाने का निर्णय लिया। विद्यार्थियों ने देखा कि बुलबुले के दिखने की दर (जो अभिक्रिया की शुरुआत में दिखाई दिए) धीरे-धीरे कम हो गई और लगभग 15-20 मिनट के बाद पूरी तरह से बन्द हो गई। उन्होंने यह भी देखा कि इस समय तक मार्बल स्लैब छिद्रपूर्ण (porous) और छोटा (diminished) दिखाई दे रहा था। विद्यार्थी समूहों को इस अवलोकन पर चर्चा करने और इसके लिए कुछ स्पष्टीकरण देने के लिए आमंत्रित किया गया। दो दिलचस्प प्रतिक्रिया सामने आईं :

1. पानी में चीनी की घुलनशीलता की तरह, अम्ल द्वारा मार्बल के घुलने की कुछ सीमा हो सकती है;
2. चूँकि अम्ल और मार्बल एक ही घोल में हैं, तो हो सकता है कि मार्बल अम्ल के साथ मिल गया हो, जिससे अम्ल अधिक अशुद्ध हो गया हो। यह अभिक्रिया को धीमा करने की व्याख्या हो सकती है।

कोई भी इन बहुत ही स्वाभाविक और तार्किक सम्बन्धों को देख सकता है जहाँ विद्यार्थी अपने अवलोकनों को समझाने की कोशिश करते समय पहुँचे थे (यह भी देखें **शिक्षक द्वारा प्रदर्शन : क्या अम्ल नक़्क़ाशी सेल्फ़-लिमिटिंग है?**)। कोई यहाँ रुककर यह समझने का प्रयास कर सकता है कि किशोरों में ये तर्क किस प्रकार आए। क्या यह वैज्ञानिक साहित्य, चर्चाओं की वजह से आया है या सिर्फ़ एक विकासात्मक परिणाम है? क्या यह कम उम्र में अवलोकन सम्बन्धी गतिविधियों में भागीदारी का परिणाम है? क्या कुछ सामाजिक कारक भी शामिल हैं? शायद कई कारक ऐसी बुद्धिमत्ता के विकास में योगदान दे सकते हैं। ऐसे उदाहरणों से प्रतीत होता है कि युवा दिमाग़ के लिए आज की कक्षाओं और पाठ्यक्रम की बाधाओं के भीतर भी विज्ञान के मूलभूत प्रश्नों की खोज करना सम्भव हो सकता है।

के घोल में डुबोया गया ताकि उसे स्पष्ट देखा जा सके। विद्यार्थियों को पूरी प्रक्रिया का अवलोकन करने और अपने अवलोकन एवं मन में आने वाले किसी भी विचार को रिकॉर्ड करने के लिए प्रोत्साहित किया गया।

चरण-4 और 5 में, नक़्क़ाशीदार नमूने को सादे पानी से धोया गया और पेंट को एसीटोन (acetone) से मिटा दिया गया। विद्यार्थी अब उकेरी गई सतह को देख, छू और महसूस कर पाए। प्रत्येक समूह को उकेरी गई मार्बल की सतह पर उनके चित्रों को देखने और उसके प्रभावों से सह-सम्बन्ध बनाने के लिए प्रोत्साहित किया गया। सौन्दर्य की दृष्टि से, उन्हें अपने नमूनों को अन्तिम रूप देने के लिए पानी के रंग, क्रेयॉन या स्याही का उपयोग करके अपनी इच्छानुसार आकृतियों को फिर से रंगने के लिए प्रोत्साहित किया गया (**चित्र-2** देखें)।

प्रेरक प्रश्न : विज्ञान की प्रक्रियाओं को अनुभवों से जोड़ना

पूरी गतिविधि के दौरान, लेकिन विशेष रूप से इसके अन्तिम चरण में, विद्यार्थियों के कई प्रश्न, अवलोकन और अगले प्रयास में लागू करने के लिए नए विचार आए। उन्हें एक-दूसरे के साथ इन पर चर्चा करते और नए सम्बन्ध बनाते हुए देखना एक ख़ुशी की बात थी। यहाँ उनके कुछ सवाल और टिप्पणियाँ, उनकी पृष्ठभूमि पर कुछ नोट्स और वे किस प्रकार की सीख दे सकते हैं, के साथ दिए गए हैं :

प्रश्न : *"क्या हम किसी भी पत्थर पर डिज़ाइन बनाने के लिए साइट्रिक एसिड (citric acid) या सिरके (vinegar) का उपयोग कर सकते हैं? क्या मैं छुट्टियों में पत्थर के आभूषण बनाने के लिए इस विधि का उपयोग कर सकता हूँ?"*

मैंने बताया कि यह विधि 'सभी पत्थर या धातु' के लिए उपयुक्त नहीं हो सकती है। मैंने यह भी इंगित किया कि यह एक अच्छा विचार है, बशर्ते विद्यार्थी घर पर नक़्क़ाशी की इस विधि का उपयोग सुरक्षित तरीक़े से कर सकें। इसी को बढ़ाते हुए, मैंने सुझाव

बॉक्स-3 : क्या हम नक़्क़ाशी के लिए कम अम्ल का उपयोग कर सकते हैं?

हमने इस सम्भावना का पता लगाने के लिए सेटअप में कुछ बदलाव किए (देखें **गतिविधि शीट-2 : नक़्क़ाशी के लिए कम अम्ल**)। संशोधित सेटअप में, हमने तय किया कि स्लैब को उल्टा लटकाकर ये सुनिश्चित करें कि सिर्फ़ वही सतह अम्ल के सम्पर्क में आए जिस पर नक़्क़ाशी की जानी थी। चूँकि स्लैब केवल आंशिक रूप से घोल में डूबी होगी, हम नक़्क़ाशी के लिए बहुत कम अम्ल का उपयोग करने में सक्षम होंगे। ऐसी स्थिति बनाने के लिए हमने मार्बल स्लैब को सहारा देने के लिए प्लास्टिक बोतल के समान आकार के चार ढक्कनों का उपयोग किया।

कई प्रयास करने के बावजूद, यह सेटअप काम नहीं कर रहा था। विद्यार्थियों और मैंने सोचा कि क्या चीज़ नक़्क़ाशी को होने से रोक रही होगी। क़रीब से जाँच करने पर, हमने देखा कि स्लैब की सतह जो अम्ल के घोल के सम्पर्क में थी, बुलबुले से ढँकी हुई थी (जिसका मतलब था कि अभिक्रिया शुरू हो गई थी), लेकिन ये बुलबुले पिछले सेटअप की तरह घोल की ऊपरी सतह तक नहीं उठ पा रहे थे। कई विद्यार्थियों ने सुझाव दिया कि बुलबुले अभिक्रिया को आगे बढ़ने से रोक रहे होंगे। हालाँकि यह एक पूर्ण स्पष्टीकरण नहीं था, इसने एक महत्त्वपूर्ण दृष्टि प्रदान की - कार्बन डाइऑक्साइड की फ़िल्म अम्ल और मार्बल की सतह के बीच सम्पर्क को रोक सकती है। मुझे लगा कि जो हो रहा होगा, उसे मैंने जब ब्लैकबोर्ड पर चित्रित कर लिया तो अधिकांश विद्यार्थी इस सम्भावना को बेहतर ढंग से समझने लगे।

किसी घटना के बारे में स्पष्टता प्राप्त करना निश्चित रूप से महत्त्वपूर्ण है, लेकिन उससे अधिक महत्त्वपूर्ण वह तरीक़ा है जिसके द्वारा मन ऐसी स्पष्टता तक पहुँचता है। मुझे आशा थी कि कुछ विद्यार्थियों के लिए इस अनुभव का एक महत्त्वपूर्ण निष्कर्ष यह था कि किस प्रकार विज्ञान के प्रयोग हमें (और वैज्ञानिकों को) कभी-कभी आश्चर्यचकित कर सकते हैं।

चित्र-3 : नक़्क़ाशी और प्रति-नक़्क़ाशी (anti-etching) तकनीकों के परिणाम।
(क) अर्द्ध चाँद और सितारों की एक निगेटिव छवि। यहाँ बैकग्राउंड को नेल पॉलिश से पेंट किया गया है। चूँकि यह जल विरोधी/ हाइड्रोफोबिक (hydrophobic) है, अम्ल घोल केवल शेष भाग, बिना पेंट वाले हिस्से की सतह के साथ अभिक्रिया करता है। चाँद और तारे में गहराई दिखती है।
(ख) एक फूल की पोजिटिव छवि। चूँकि फूलों के क्षेत्रों को नेल पॉलिश से रंगा गया है, इसलिए अम्लीय घोल केवल बिना रंगी हुई पृष्ठभूमि के साथ अभिक्रिया करेगा। फूल उभरा दिखेगा।
Credits: Ranjit Kumar Dash. License: CC-BY-NC.

दिया कि वे मार्बल टाइल्स या चॉक पत्थर की सतहों पर रसोई के सिरके के साथ थोड़े साइट्रिक एसिड का उपयोग करके शुरुआत कर सकते हैं।

प्रश्न : *"नक़्क़ाशी कितनी स्पष्ट हो सकती है? क्या मैं बालों जैसी महीन रेखाएँ खींच सकती हूँ?"*

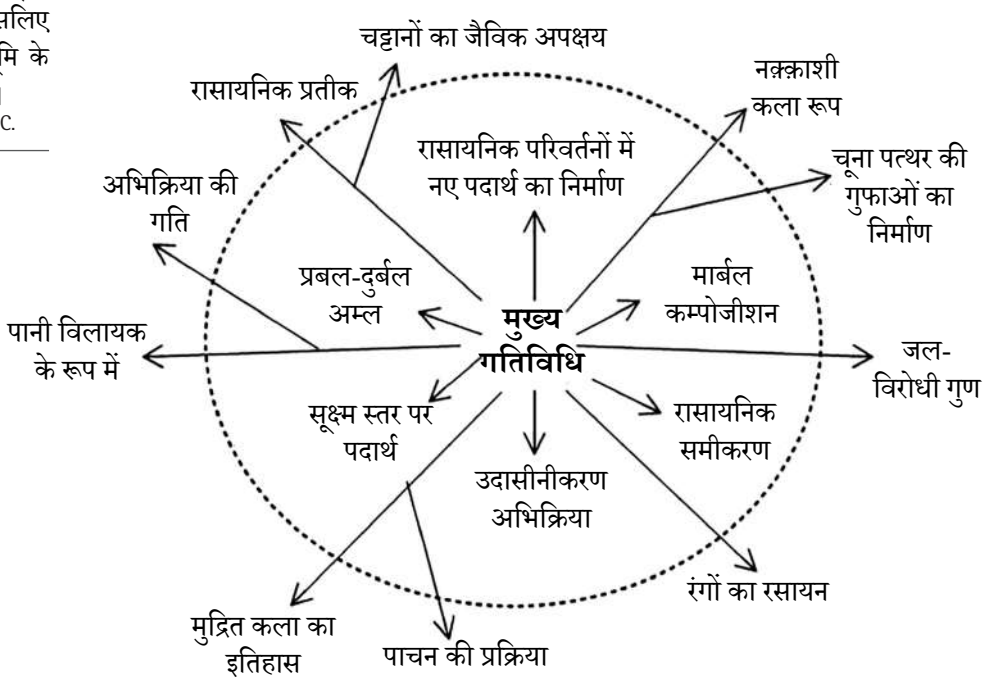
वह विद्यार्थी इस रासायनिक नक़्क़ाशी तकनीक की तुलना पत्थर पर नक़्क़ाशी की प्रक्रिया से करने की कोशिश कर रही थी जिससे वह परिचित थी। पत्थर की एक स्लैब

चित्र-4 : नक़्क़ाशी और प्रति-नक़्क़ाशी (anti-etching) तकनीकों का संयोजन। विद्यार्थियों के एक समूह ने एक द्वीप की यात्रा की कल्पना की। छवि के बाईं ओर नारियल के पेड़ों की एक जोड़ी है और दाईं ओर एक नाव का लंगर है। इसे इस तरह बनाया गया था कि पेड़ सतह से नीचे चले गए हैं और नाव का लंगर ऊपर आ गया है। विद्यार्थी समूह के कुछ सदस्य कहानी को बेहतर बनाने में व्यस्त थे। स्पष्ट रूप से, रसायनविज्ञान की अवधारणाओं को सीखने के अलावा भी बहुत कुछ हो रहा था!
Credits: Ranjit Kumar Dash. License: CC-BY-NC.

को तराशने के लिए छेनी का उपयोग करने में लगने वाले प्रयास (ऊर्जा) को देखने के बाद, वह सोच रही थी कि क्या रासायनिक नक़्क़ाशी के माध्यम से मार्बल की सतह से पदार्थ को हटाने के लिए भी कुछ ऊर्जा की आवश्यकता होती है। मेरी प्रतिक्रिया थी कि रासायनिक प्रक्रियाओं में भी सूक्ष्म स्तर पर कार्य होता है।

प्रश्न : *"वे सफ़ेद पाउडर वाली चीज़ें क्या हैं? क्या वह मार्बल पाउडर है? हम मार्बल के एक टुकड़े को कितना छोटा काटने पर भी मार्बल ही कहेंगे?"*

यहाँ विद्यार्थी एक पाउडर जैसे सफ़ेद पदार्थ का ज़िक्र कर रही थी जो अभिक्रिया के दौरान बना था। उसे समझ में नहीं आ रहा था कि यह पाउडर मार्बल के टुकड़े के अन्दर से आया है या नहीं। यह प्रश्न सूक्ष्म पैमानों पर पदार्थ की प्रकृति के बारे में प्रारम्भिक वैज्ञानिक बहसों को ध्यान में लाता है। डेमोक्रिटस (Democritus) जैसे



चित्र-5 : शिक्षक इस माइंड मैप (mind map) का उपयोग गतिविधि की योजना बनाने के लिए कर सकते हैं। इस तरह के मैप विभिन्न अवधारणाओं और विचारों को जोड़ने में मदद करते हैं और कक्षा में निर्देशित और सार्थक विषयान्तर करने में भी मदद करते हैं।
Credits: Ranjit Kumar Dash. License: CC-BY-NC.

बॉक्स-4 : दिलचस्प चर्चाओं का एक नमूना

1. अम्ल की प्रकृति पर :

विद्यार्थी क : *"सर, अम्ल पानी के घोल में है। लेकिन उसकी गन्ध इतनी तेज/तकलीफ़देह क्यों है?"*

विद्यार्थी ख : *"शायद अम्ल पानी से वाष्पित हो रहा है।"*

मेरी प्रतिक्रिया : *"हाँ, कुछ अम्ल घोल से वाष्पित हो जाते हैं। सामान्य तौर पर, घोल में ऐसे पदार्थ हो सकते हैं जो अलग-अलग तापमान पर और अलग-अलग दरों पर वाष्पित हो जाते हैं। इस घोल में, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (hydrochloric acid) पानी की तुलना में अधिक आसानी से वाष्पित हो जाता है। यही सूँघने से आपको दर्द महसूस हो रहा है। हवा में इसी हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की गन्ध है।"*

विद्यार्थी ग : *"आपने उल्लेख किया था कि कई अम्ल स्वाभाविक रूप से गैसीय रूप में पाए जाते हैं। क्या ऐसे अम्लों के लिए विलयन से बचना आसान हो जाता है?"*

यह विद्यार्थी पिछली कक्षाओं के दौरान शुरू किए गए अम्ल और क्षार के विचारों को एक नए प्रश्न पर लागू करने की कोशिश कर रहा था। इसमें यह समझ शामिल थी कि आग, जो एक रासायनिक अभिक्रिया है, अम्ल और क्षार को अलग करती है — वायु उत्सर्जित अम्ल लेती है (जो धुएँ के रूप में होती है) और पृथ्वी क्षार को (मिट्टी) राख के रूप में लेती है। इस प्रकार, बहुत से अम्ल (जैसे CO_2 और HCl) गैसीय रूप में पाए जाते हैं और कई क्षार (जैसे $CaCO_3$) मिट्टी में पाए जाते हैं। यह इस समझ से भी लिया गया है कि पानी अम्ल और क्षार दोनों को घोलता है और इन दोनों विलयनों की अभिक्रिया को उदासीनीकरण अभिक्रिया (neutralization reaction) कहते हैं।

2. अभिक्रिया के उत्पादों पर :

मेरा प्रश्न : *"जब अभिक्रिया चल रही होती है तो जो सफ़ेद पाउडर वाला पदार्थ बनता है उसके बारे में आप क्या सोचते हैं? वह क्या हो सकता है?"*

विद्यार्थी ड : *"यह मार्बल का पाउडर होना चाहिए।"*

विद्यार्थी च : *"लेकिन जब हम एक सामान्य मार्बल स्लैब को तोड़ते हैं, तो इस तरह पाउडर नहीं निकलता है। यह कुछ और होना चाहिए।"*

विद्यार्थी छ : *"क्या यह लोहे की छड़ के प्रयोग में ज़ंग जैसा कुछ है? ज़ंग लोहे से अलग है और लगने से पहले ज़ंग अस्तित्व में नहीं होती...।"*

नए पदार्थों के निर्माण को पहचानना किसी भी रासायनिक प्रक्रिया को समझने की कुंजी है।

3. पदार्थों की हाइड्रोफोबिक (जल–विरोधी) प्रकृति पर :

विद्यार्थी ज : *"सर, ऐसा क्यों है कि केवल पेंट न किया गया क्षेत्र ही अम्ल के साथ अभिक्रिया करता है? पेंट किया क्षेत्र अभिक्रिया क्यों नहीं करता?"*

मेरी प्रतिक्रिया : *"पेंट वाली और बग़ैर पेंट वाली सतहों के अम्ल के साथ सम्पर्क वाले हिस्से का निरीक्षण करें। पेंट की गई सतहों पर अम्ल घोल नेल पॉलिश के सम्पर्क में है। तो आपको क्या लगता है कि नेल पॉलिश पेंट की सतह पर क्या करती है?"*

विद्यार्थी झ : *"ओह ठीक है... तो, नेल पॉलिश अभिक्रिया को धीमा कर देती है? यही कारण हो सकता है कि बिना रंगी हुई सतह तेज़ी से उकरती है।"*

मेरी प्रतिक्रिया : *"कुछ पदार्थ पानी में गिराए जाने पर भी पानी से 'दूर रहना' पसन्द करते हैं। इस गुण वाले पदार्थों को 'हाइड्रोफोबिक' (जल-विरोधी) कहा जाता है। ऐसे पदार्थों के कुछ उदाहरण हैं तेल, नेल पॉलिश, ऑइल पेंट, चर्बी, ग्रीस और मोम।"*

विद्यार्थी झ : *"तो अगर अम्ल के घोल में पानी को मार्बल की सतह को छूना है, तो उसे पेंट से गुज़रना होगा, जो कि नेल पॉलिश के कारण नहीं हो सकता। सही है?"*

मेरी प्रतिक्रिया : *"हाँ, यह सही है।"*

विद्यार्थी ज : *"लेकिन अम्ल है जो नक़्क़ाशी करता है, पानी नहीं।"*

विद्यार्थी झ : *"दोस्त, अम्ल पानी में घुला हुआ है। अगर पानी सतह को नहीं छू सकता है, तो अम्ल कैसे छुएगा?"*

परमाणुवादियों ने तर्क सहित यह बताया था कि रेत के गुणों को बनाए रखते हुए रेत के दाने को विभाजित करने की एक निचली सीमा होती थी।

प्रश्न : *"नक़्क़ाशी से निकला मार्बल कहाँ ग़ायब हो जाता है? अगर हम मार्बल को लम्बे समय तक अम्ल के घोल में छोड़ दें तो क्या होगा?"*

इस विद्यार्थी ने सोचा कि अगर इस अभिक्रिया को लम्बे समय तक जारी रखने की अनुमति दी गई तो क्या अम्ल पूरे स्लैब को 'खा' सकती है। दूसरे शब्दों में, वह जानना चाहती थी कि क्या यह प्रक्रिया कभी अपने आप रुक जाएगी (**बॉक्स-2** देखें)।

टिप्पणी : *"जब तक अम्ल का घोल केवल सतह को छूता है, नक़्क़ाशी जारी रहनी चाहिए। पूरे स्लैब को घोल के अन्दर होने की आवश्यकता नहीं है।"*

यह टिप्पणी एक विद्यार्थी की ओर से आई थी जो गतिविधि के लिए कम अम्ल का उपयोग करने में रुचि रखता था (**बॉक्स-3** देखें)।

प्रश्न : *"क्या स्लैब की सतह पर कुछ 'प्रति-नक़्क़ाशी' (anti-etch) या कुछ 'उभारना' सम्भव है?"*

एक समूह ने एक ही स्लैब पर पोजिटिव (etch) और निगेटिव (anti-etch) दोनों छवियों को मिलाकर अपनी 'कहानी' बनाने की सम्भावना का पता लगाया। जहाँ एक निगेटिव छवि आकृति में गहराई जोड़ती है, वहीं एक पोजिटिव छवि ऊपर की ओर कुछ उभरा हुआ भाग प्रस्तुत करती है (**चित्र-3** देखें)।

उन्होंने इसे एक दिलचस्प चुनौती के रूप में वर्णित किया क्योंकि उन्हें दोनों ड्राइंग तकनीकों पर बारी-बारी से ध्यान देना था (**चित्र-4** देखें)। हालाँकि उनमें से अधिकांश इस तरह से प्रयोग करना पसन्द करते थे, एक विद्यार्थी ने सवाल किया कि क्या दोनों तकनीकों को एक ही आकृति में जोड़ना सम्भव है। जबकि यह प्रतिक्रिया सीधे रसायनविज्ञान की अवधारणा से सम्बन्धित

बॉक्स-5 : शिक्षक के लिए कुछ सुझाव

- विद्यार्थियों को उन चीज़ों का अवलोकन करने के लिए प्रोत्साहित करें जिन्हें उन्होंने शायद अनदेखा किया हो। उनके कुछ अवलोकनों को अधिक गहराई से जाँच करने के लिए प्रोत्साहित करें।
- विद्यार्थियों के साथ मिलकर विचारों और अवधारणाओं की तरफ़ पहुँचने के लिए खुले रहें और इन विचारों और अवधारणाओं को सम्भावित मानकर काम करें। इसमें विद्यार्थियों के दिमाग़ में विचार कैसे आकार लेते हैं और फिर एक आम समझ बनाते हैं, इस बारे में चौकस और सहिष्णु होने की क्षमता शामिल है।
- प्रत्येक समूह के भीतर होने वाले संवाद पर बारीक़ी से ध्यान दें क्योंकि यह इस बात की अन्तर्दृष्टि प्रदान कर सकता है कि विद्यार्थी स्वयं और एक समूह में कैसे सोचते हैं। संवाद के दौरान गतिविधि का विस्तार करने के लिए प्रयोगों के कई विचार सामने आ सकते हैं।
- विद्यार्थियों द्वारा उनके पाठ्यक्रम में गतिविधि और रसायनविज्ञान की अवधारणाओं के बीच के सम्बन्ध को पहचानने के लिए ब्लैकबोर्ड पर माइंड मैप बनाएँ। इनमें शामिल हो सकते हैं - रासायनिक अभिक्रियाएँ जैसे कि न्यूट्रलाइजेशन (अभिक्रिया और अभिक्रिया के उत्पाद की पहचान करना), मार्बल और चॉक की रासायनिक संरचना, प्रबल-दुर्बल और प्रबल अम्ल आदि।
- इस गतिविधि के माध्यम से सीखने में एक 'मज़ेदार, लेकिन फिर भी प्रासंगिक' तत्व लाने का प्रयास करें।

नहीं थी, विद्यार्थी की इस नई सम्भावना को महसूस करने की क्षमता, सीखने की प्रक्रिया में रचनात्मक कार्य का एक उदाहरण है - एक प्रवृति जिसे प्रोत्साहित किया जाना चाहिए।

कुछ विचार

1. **सीखने की विधि के रूप में चर्चा :** पूरी गतिविधि के दौरान रुक-रुक कर दिलचस्प चर्चा होती रही (**बॉक्स-4** देखें)। जिस हद तक विद्यार्थी एक-दूसरे के प्रश्नों, सुझावों और अन्वेषणों में रुचि रख रहे थे, वह काफ़ी उल्लेखनीय था। यह चर्चा मोटेतौर पर सूक्ष्म स्तर पर पदार्थ की प्रकृति के बारे में थी, एक अवलोकन की व्याख्या करने, एक विद्यार्थी द्वारा एक अन्तर्दृष्टि (insight) साझा करने वग़ैरह के बारे में थी। यह ऐसा था जैसे किसी समूह का अपना कोई एक विचार हो! तो कई विद्यार्थियों में इस लिहाज़ से स्वजागरूकता बढ़ी कि दूसरों के विचारों और स्पष्टीकरणों पर ध्यान देकर वे अपने विचारों से अधिक अवगत हुए। यह देखना भी दिलचस्प था कि कैसे कुछ विद्यार्थी कक्षा में एक साझी समझ बनाने में सक्षम हुए।
2. **सम्बन्धों का विस्तार और गहरा होना :** इस तरह की एक एकीकृत, खोजबीन-आधारित शिक्षण शैली कई ऐसे अवसर निर्मित करती है जिससे गहरे मानसिक सम्बन्धों का निर्माण होता है। उदाहरण के लिए, इस गतिविधि ने विभिन्न अवधारणाओं को जोड़ने की कई सम्भावनाएँ देने के साथ दिलचस्प विषयान्तरों को भी प्रस्तुत किया (**चित्र-5** देखें)। कक्षा की एकरसता को तोड़ने के लिए कई सम्भावित विषयान्तरों का पता लगाया जा सकता है। मुझे लगता है कि इस तरह के प्रासंगिक विषयान्तर एक चिन्तनशील मनोदशा लाते हैं और गहरे मानसिक सम्बन्ध बनाने में मदद कर सकते हैं।

चलते-चलते

कला, खेल और पाक कला जैसे विविध क्षेत्र विज्ञान को हाथों-हाथ और मज़ेदार तरीक़े से सिखाने के कई अवसर प्रदान कर सकते हैं। एक विज्ञान शिक्षक के लिए इन क्षेत्रों के उन पहलुओं की पहचान करना चुनौतीपूर्ण है जो विज्ञान पाठ्यक्रम में विशिष्ट अवधारणाओं को समझने और उन्हें रचनात्मक तरीक़े से ग्रेड-उपयुक्त गतिविधियों में परिवर्तित करने के लिए सहयोग कर सकें। यह मेरा मत है कि इस तरह की विज्ञान गतिविधियाँ बिना किसी दबाव (coercion) के एक समूह का ध्यान बनाए रखने में मदद कर सकती हैं।

व्यक्तिगत खोजबीन के लिए रास्ते बढ़ाकर, यह दृष्टिकोण विविध रुचियों, क्षमताओं, सौन्दर्य संवेदनाओं और कौशल स्तर के विद्यार्थियों को सीखने की प्रक्रिया में शामिल करने में भी अधिक प्रभावी हो सकता है। इसके अलावा, यह विद्यार्थियों को 'अन्वेषण की कला' के साथ सशक्त बनाता है और 'स्वामित्व की भावना' प्रदान करता है, दोनों सीखने की प्रक्रिया में जान (vitality) लाते हैं (**बॉक्स-5** देखें)। विद्यार्थी न केवल रसायनविज्ञान में आवश्यक अवधारणाओं को सीखते हैं, वे लम्बे समय तक ऐसे अनुभवों को भी सँजोकर रखते हैं।

हमारी रासायनिक दुनिया

गतिविधि शीट-1 : अम्ल-नक़्क़ाशी

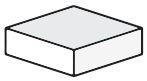
उद्देश्य :

पता करना कि :

1. क्या मार्बल स्लैब (marble slab) या सीप या शंख जैसी खोलों (shell) की सतह पर रसायनों का उपयोग करके चित्र नक़्क़ाशी की जा सकती है।
2. क्या इस गतिविधि का उपयोग रसायनविज्ञान के विभिन्न प्रारम्भिक विषयों को समझने के लिए किया जा सकता है।

आवश्यक सामग्री :

नक़्क़ाशी के लिए सतह (प्रत्येक विद्यार्थी समूह के लिए एक)



पेंट करने के लिए कम-से-कम एक समतल सतह के साथ किसी भी आकार का मार्बल स्लैब

या

किसी भी गहरे रंग का सीप (यह मध्यम आकार का हो ताकि आप इसे पकड़ सकें और उस पर पेंट कर सकें)

या

कोई भी 'फ़िज़ी रॉक' (fizzy rock, एक पत्थर जो अम्ल के प्रति क्रियाशील है, जैसे चूना पत्थर, चॉक पत्थर) जो आसानी से उपलब्ध हो जिसमें पेंट करने के लिए कम-से-कम एक समतल सतह हो।

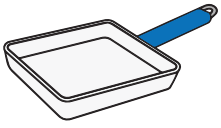
10% से 20% मात्रा वाला जलीय हाइड्रोक्लोरिक (aqueous hydrochloric) अम्ल का घोल (अम्ल में पानी की बजाय अम्ल को पानी में मिलाएँ)।

किसी भी रंग का कोई भी जल्दी सूखने वाला पानी प्रतिरोधी (जैसे नेल पॉलिश) ऐक्रेलिक लिक्विड पेंट (विद्यार्थियों के प्रत्येक समूह को एक बोतल)।

सतह पर किसी भी बचे हुए पेंट या ड्राइंग की ग़लतियों को साफ़ करने के लिए एसीटोन (Acetone) या नेल पॉलिश रिमूवर (लगभग 50 मिली)।

ज़रूरत अनुसार सतह पर एसीटोन साफ़ करने के लिए कुछ रूई या कपड़े का टुकड़ा।

अम्ल नक़्क़ाशी के बाद पत्थरों या शंख को धोने के लिए कुछ सादा पानी।



एक पारदर्शी उथला प्लास्टिक पैन/ ट्रे।

नक़्क़ाशी समाप्त होने के बाद सतह को फिर से रंगने/ सजाने के लिए विभिन्न प्रकार के वाटर कलर और क्रेयॉन (crayons)।

क्या करें :

1. **पेंटिंग**

- अपने समूह में चर्चा करें और इस बात पर सहमति बनाएँ कि आप दी गई (मार्बल स्लैब या सीप की सतहों) पर क्या बनाना चाहते हैं। आधार सतह पर पेंट करने से पहले चुनी गई डिज़ाइन को काग़ज़ पर बनाएँ।
- चित्र बनाने के लिए अपने समूह से दो लोगों की पहचान करें। आधार सतहों पर चयनित आकार को धीरे-धीरे और सावधानीपूर्वक पेंट करने के लिए रंगीन नेल पॉलिश का उपयोग करें। आप इसके लिए नेल पॉलिश ब्रश या पेंटिंग ब्रश का उपयोग कर सकते हैं।
- यदि आप आकृति को फिर से बनाना या संशोधित करना चाहते हैं तो आधार सतह को एसीटोन से साफ़ करें। यह सुनिश्चित करने के लिए कि समूह में हर कोई अन्तिम कलाकृति से सन्तुष्ट है, इसे कई बार बनाया/ किया जा सकता है। (**संकेत** : पेपर-पेंसिल से शुरू करने से ऐसी पुनरावृत्तियों (बार-बार बनाने) की संख्या को कम करने में मदद मिल सकती है)।

2. **अम्ल नक़्क़ाशी**

- अपने समूह का पेंट किया हुआ नमूना अपने शिक्षक को दें, वे अम्ल नक़्क़ाशी का चरण पूरा करेंगे, एक बार में एक ही नमूना दें।
- अम्ल नक़्क़ाशी की प्रक्रिया को ध्यान से देखें। आपके समूह के किसी भी अवलोकन, प्रश्न और सुझाव को रिकॉर्ड करें। अपने नमूने में किसी भी बदलाव की शुरुआत और समाप्ति को बताने के लिए विशेष रूप से संकेतों की तलाश करें।

3. **सफ़ाई**

- निरीक्षण करें कि आपके नमूने को वापस लौटाने से पहले शिक्षक किसी भी अम्ल अवशेष को हटाने के लिए उसे कैसे साफ़ करते हैं।
- नक़्क़ाशीदार सतहों की बनावट देखें, उसे स्पर्श और महसूस करें। नक़्क़ाशी की तुलना अपने मूल चित्र से करें। अपने अवलोकन को दर्ज करें। साथ ही, आपके द्वारा अपेक्षित परिणाम और वास्तविक परिणाम के बीच दिखाई देने वाले किसी भी अन्तर को दर्ज करें।

4. **अन्तिम रूप देना (वैकल्पिक)**

- नेल पॉलिश के रंगों को एसीटोन में भीगी हुई रुई या कपड़े के टुकड़े से रगड़कर साफ़ करें।
- अपने चित्र को अन्तिम रूप देने के लिए वाटरकलर या क्रेयॉन का उपयोग करें।

विचार करें :

- नक़्क़ाशी की आकृतियाँ बनाने के लिए नेल पॉलिश का उपयोग क्यों किया जाता है?
- नेल पॉलिश को साफ़ करने के लिए एसीटोन का उपयोग क्यों किया जाता है?
- आधार सतह में क्या बदलाव देखते हैं जब :

  (अ) उसे ट्रे में रखा जाता है? (ब) अम्ल घोल में छोड़ दिया जाता है? (स) ट्रे से हटाया जाता है? (द) पानी से धोया जाता है?

  (ई) नेल पॉलिश को हटाने के लिए एसीटोन से साफ़ किया जाता है? आप इन परिवर्तनों की व्याख्या कैसे करेंगे?
- आप इनके रंग, बनावट और दिखावट में क्या परिवर्तन देखते हैं : (अ) आधार सामग्री की 'चित्रित' और 'अचित्रित' सतहों पर और (ब) ट्रे में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल घोल पर? आप इन परिवर्तनों की व्याख्या कैसे करेंगे?
- आपके विचार से जब अम्ल घोल में आधार सतह रखी जाती है तो बुलबुले क्यों बनते हैं? ये बुलबुले घोल की सतह के ऊपर क्यों आते हैं? क्या आपने ऐसा कहीं और देखा है?

रचनाकार :

रंजीत कुमार दाश, ऋषि वैली स्कूल, आन्ध्र प्रदेश में शिक्षक हैं। उनसे ranjitkumardash@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** जितेन्द्र 'जीत'

हमारी रासायनिक दुनिया

गतिविधि शीट-1 : अम्ल-नक़्क़ाशी

1. अलग-अलग दिनों में लगातार दो कक्षाओं का उपयोग किया जा सकता है। पहली कक्षा में विद्यार्थी प्रक्रिया को समझ सकते हैं और कलाकृति को पूरा कर सकते हैं। दूसरी कक्षा का उपयोग अम्ल नक़्क़ाशी के शिक्षक द्वारा प्रदर्शन (demonstration) के लिए किया जा सकता है।
2. इसे समूह गतिविधि के रूप में तैयार किया गया है। सभी विद्यार्थियों की अधिकतम भागीदारी सुनिश्चित करने के लिए कक्षा को 2 से 4 विद्यार्थियों के समूहों में विभाजित करें।
3. गतिविधि के चरणों, आवश्यक समय और प्रत्येक चरण में ध्यान रखी जाने वाली सावधानियों के बारे में बताएँ।
4. विद्यार्थियों को उन सामग्रियों से परिचित कराएँ जिनका उपयोग वे अपनी नक़्क़ाशी के लिए आधार के रूप में करेंगे। प्रत्येक समूह को मार्बल स्लैब या शैल का एक टुकड़ा दें और उन्हें बताएँ कि वे उस सतह पर पेंट करने जा रहे हैं जो अन्ततः उकेरी जाएगी।
5. हाइड्रोफोबिक (hydrophobic) और हाइड्रोफिलिक (hydrophilic) गुणों को समझाने के लिए ब्लैकबोर्ड का उपयोग करें। स्पष्ट रूप से बताएँ कि अम्ल-क्षार अभिक्रिया के कारण सतह के कौन-से क्षेत्र अम्ल द्वारा उकेरे जाएँगे।
6. स्पष्ट रूप से बताएँ कि कौन-से कार्य विद्यार्थी समूहों द्वारा किए जाएँगे और कौन-से कार्य शिक्षक द्वारा प्रदर्शित (demonstrated) किए जाएँगे। इसके अलावा, विद्यार्थियों को प्रदर्शन के दौरान अवलोकन और नोट्स लेने का निर्देश दें।
7. कुछ समूहों को यह तय करने में सहायता की आवश्यकता हो सकती है कि वे सतह पर क्या बनाएँ। साथ ही, जिन विद्यार्थियों को आधार सामग्री पर चित्र बनाने के लिए चुना गया है, उन्हें सावधानी से ऐसा करने के लिए सहयोग और मार्गदर्शन की आवश्यकता हो सकती है। नेल पॉलिश ब्रश एक पेंटब्रश की तरह मज़बूत नहीं होते और इनका उपयोग करने के लिए निपुणता और सावधानी की आवश्यकता हो सकती है।
8. एसीटोन और अम्ल को उपयोग में लाने के लिए विशिष्ट सावधानियों से विद्यार्थियों को अवगत कराएँ :
    - एसीटोन शीघ्र वाष्पशील/ उड़नशील (volatile) और ज्वलनशील (flammable) होता है और त्वचा, नाक और आँखों में जलन पैदा कर सकता है। सुनिश्चित करें कि गतिविधि एक अच्छे हवादार क्षेत्र में की जाए। विद्यार्थियों को एसीटोन के सम्पर्क से बचना चाहिए। सम्पर्क हो जाने की स्थिति में, सुनिश्चित करें कि वे सम्पर्क क्षेत्र को अच्छी तरह धो लें।

- हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के उपयोग के समय अम्ल-क्षार दस्तानों का उपयोग करें और विद्यार्थियों को अम्ल, विलियनों और क्षार के उपयोग के दौरान सुरक्षात्मक उपकरणों के उपयोग का महत्त्व समझाएँ।
- विद्यार्थियों को अम्ल और पानी मिलाने के सुरक्षा पहलुओं के बारे में बताएँ। स्पष्ट करें कि पानी में अम्ल मिलाना, अम्ल में पानी मिलाने से अधिक सुरक्षित क्यों है।

९. नक़्क़ाशी के चरणों के प्रदर्शन के लिए :

- एक सतही/ उथले पैन में आसुत जल (distilled water) के साथ सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (concentrated hydrochloric acid) (37% मानक घोल) जोड़कर नक़्क़ाशी का घोल (तनु अम्ल घोल — diluted acid solution) तैयार करें। सुनिश्चित करें कि आप पानी में मात्रा के हिसाब से 10% से 20% के अनुपात में सान्द्र अम्ल धीरे-धीरे मिलाएँ। यदि अम्ल बहुत तनु है, तो अभिक्रिया में अधिक समय लग सकता है। आधार सामग्री के आकार के आधार पर घोल की अन्तिम मात्रा तय करें।
- अम्ल-क्षार दस्तानों का उपयोग करके, प्रत्येक नमूने को सावधानी से लगभग 10-15 मिनट के लिए अम्ल घोल में डुबाएँ। सुनिश्चित करें कि जिन सतहों पर नक़्क़ाशी की जानी है, वे ऊपर की ओर हों।
- जब बुलबुले बनने लगें तो अपने विद्यार्थियों का ध्यान इसकी ओर आकर्षित करें क्योंकि यह अभिक्रिया की शुरुआत का संकेत है। विद्यार्थियों से यह नोट करने के लिए कहें कि अभिक्रिया कब धीमी हो जाती है (आमतौर पर अम्ल घोल की शुरुआती सान्द्रता के आधार पर नमूनों को डुबाने के 10 से 20 मिनट के बाद) और कब बन्द हो जाती है।
- बुलबुले ग़ायब होने के लगभग 5 मिनट बाद टुकड़ों को निकाल लें। आप उसी घोल के साथ अगले नए टुकड़े पर प्रयोग जारी रख सकते हैं। यदि आगे अभिक्रिया नहीं होती है या घोल धुँधला हो गया है, तो नक़्क़ाशी के प्रत्येक नए सेट के लिए एक नया घोल तैयार करें।
- नक़्क़ाशी के घोल की मात्रा के आधार पर एक या अधिक नमूनों को एक साथ उकेरा जा सकता है। हालाँकि, जैसे-जैसे नमूनों की संख्या बढ़ती जाती है, नक़्क़ाशी सतही होती जाती है। इसे पहले 1 या 2 नमूनों के साथ आजमाया जा सकता है और फिर निर्णय लिया जा सकता है। यह अवलोकन और चर्चा का बिन्दु हो सकता है।
- किसी भी अवशिष्ट अम्ल को हटाने के लिए उकेरे गए नमूनों को नल के पानी से धोएँ।

10. विद्यार्थियों को एक समूह के रूप में अवलोकन करने और उन्हें रिकॉर्ड करने के लिए प्रोत्साहित करें। स्पष्ट करें कि यह गतिविधि एक समूह के रूप में सोचने और चर्चा करने की एक कोशिश है।

रचनाकार :
रंजीत कुमार दाश, ऋषि वैली स्कूल, आन्ध्र प्रदेश में शिक्षक हैं।
उनसे ranjitkumardash@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : जितेन्द्र 'जीत'

हमारी रासायनिक दुनिया

शिक्षक द्वारा प्रदर्शन : क्या अम्ल नक़्क़ाशी अपने आप थम सकती है?

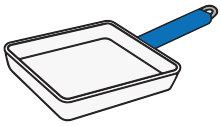
उद्देश्य :

पता करना कि :

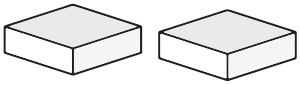
1. *क्या मार्बल और तनु अम्ल घोल के बीच अभिक्रिया अपने आप रुक जाती है।*
2. *क्या अम्ल की सान्द्रता अभिक्रिया समय को प्रभावित करती है।*

आवश्यक सामग्री :

प्रत्येक बार के लिए 10% सान्द्रता वाले जलीय हाइड्रोक्लोरिक अम्ल घोल (aqueous hydrochloric acid solution) की 100 मिलीलीटर मात्रा।



अम्ल घोल को रखने के लिए एक सतही/ उथला पारदर्शी प्लास्टिक या काँच का कंटेनर/ पैन।



मार्बल के दो छोटे टुकड़े जो बनावट, आकार और वज़न में एक-दूसरे के जैसे हों; और आसानी से प्लास्टिक ट्रे में रखे जा सकें। प्रत्येक टुकड़े का वज़न 30-20 ग्राम के बीच होना चाहिए।

क्या करें :

1. *मार्बल के दोनों टुकड़ों को नल के पानी से साफ़ करें। विद्यार्थियों से मार्बल के दोनों टुकड़ों को तौलने और उनका वज़न नोट करने के लिए कहें। इस चरण का उपयोग यह पुष्टि करने के लिए करें कि दोनों टुकड़ों का वज़न समान है।*
2. *मार्बल के पहले टुकड़े को 10% अम्ल घोल में सावधानी से रखें। विद्यार्थियों से उस समय को रिकॉर्ड/ दर्ज करने के लिए कहें जब बुलबुले दिखने लगते हैं (अभिक्रिया की शुरुआत का संकेत), साथ ही, वह समय जब बुलबुले दिखाई देना बन्द हो जाते हैं (अभिक्रिया का अन्त)।*
3. *मार्बल के टुकड़े को अम्ल घोल से बाहर निकालने के लिए चिमटे का प्रयोग करें और नल के पानी से धोएँ। विद्यार्थियों से धुले हुए मार्बल के टुकड़े को तौलकर वज़न दर्ज करने के लिए कहें।*
4. *मार्बल के टुकड़े को उसी 10% अम्ल घोल में वापस रखें। इसे 10-15 मिनट के लिए छोड़ दें। इसे फिर से बाहर निकालें, धोएँ और विद्यार्थियों से इस टुकड़े को फिर से तौलने के लिए कहें।*
5. *मार्बल के दूसरे टुकड़े के साथ इस प्रयोग के चरण 2-3 को दोहराएँ।*
6. *मार्बल के दूसरे टुकड़े को ताज़ा 10% अम्ल घोल में डालें। इसे 10-15 मिनट के लिए छोड़ दें। इसे फिर से बाहर निकालें, धोएँ और विद्यार्थियों से इस टुकड़े को फिर से तौलने के लिए कहें।*

विद्यार्थियों को रिकॉर्ड/ दर्ज करने के लिए कहें :

	टुकड़ा-1 :	टुकड़ा-2 :
प्रारम्भिक वज़न (ग्राम)		
नक़्क़ाशी के पहले चरण के बाद वज़न (ग्राम)		
नक़्क़ाशी के दूसरे चरण के बाद वज़न (ग्राम)		
वज़न परिवर्तन (%)		
अम्ल नक़्क़ाशी के पहले चरण में बुलबुले दिखने की अवधि (मिनट)		
अम्ल नक़्क़ाशी के दूसरे चरण में बुलबुले दिखने की अवधि (मिनट)		

विद्यार्थियों से सोचने/ चिन्तन के लिए कहें :

- *मार्बल के दोनों टुकड़ों के साथ, नक़्क़ाशी के पहले और दूसरे चरण के बीच बुलबुले दिखने की अवधि में क्या कोई अन्तर था?*
- *नक़्क़ाशी के पहले और दूसरे चरण के बाद मार्बल के दोनों टुकड़ों में से प्रत्येक के वज़न में कितना प्रतिशत परिवर्तन हुआ?*

विद्यार्थियों को चर्चा के लिए आमंत्रित करें :

- *अम्ल नक़्क़ाशी के दौरान बुलबुले क्यों बनते हैं? क्या आप इस अवलोकन का कोई कारण सोच सकते हैं?*
- *नक़्क़ाशी के पहले चरण के बाद मार्बल के दोनों टुकड़ों में से प्रत्येक में वज़न परिवर्तन के प्रतिशत की तुलना करें। क्या इसमें कोई अन्तर था? क्या आप इस अन्तर का कोई कारण सोच सकते हैं?*
- *नक़्क़ाशी के दूसरे चरण के बाद मार्बल के दोनों टुकड़ों में से प्रत्येक के वज़न परिवर्तन के प्रतिशत की तुलना करें। क्या कोई अन्तर था? क्या आप इस अन्तर का कोई कारण सोच सकते हैं?*
- *नक़्क़ाशी के पहले चरण में बुलबुले दिखने की अवधि की तुलना करें। क्या मार्बल के दोनों टुकड़ों के लिए यह अलग था? क्या आप इस अन्तर का कोई कारण सोच सकते हैं?*
- *नक़्क़ाशी के दूसरे चरण में बुलबुले दिखाई देने की अवधि की तुलना करें। क्या मार्बल के दोनों टुकड़ों के लिए यह अलग था? क्या आप इस अन्तर के कोई कारण सोच सकते हैं?*
- *क्या आपको लगता है कि अम्ल नक़्क़ाशी स्वयं थम जाती है? इस अभिक्रिया को समाप्त करने में कौन-से कारक मदद करते हैं?*

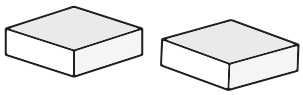
रचनाकार :
रंजीत कुमार दाश, ऋषि वैली स्कूल, आन्ध्र प्रदेश में शिक्षक हैं।
उनसे ranjitkumardash@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : जितेन्द्र 'जीत'

हमारी रासायनिक दुनिया
गतिविधि शीट-2 : नक़्क़ाशी के लिए कम अम्ल

उद्देश्य :

यह पता लगाना कि क्या मार्बल के टुकड़े की निचली सतह पर नक़्क़ाशी करने से कम हाइड्रोक्लोरिक अम्ल लगेगा।

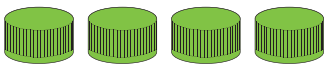
आवश्यक सामग्री :



दो मार्बल स्लैब जो आकार, आकृति और वज़न में एकदम समान हों; और हो सके तो इनमें से कम-से-कम एक सतह तो एकदम बराबर (2-3 वर्ग इंच क्षेत्रफल की) हो।

जलीय हाइड्रोक्लोरिक अम्ल घोल (%20 मात्रा वाला)।

किसी भी रंग की नेल पॉलिश की एक बोतल।



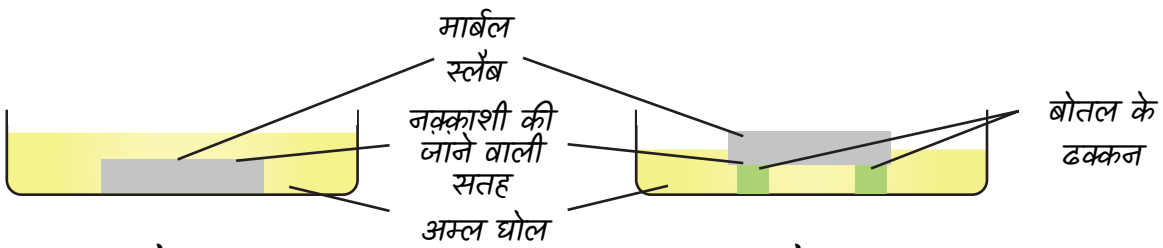
एक स्लैब को सहारा देने के लिए प्लास्टिक बोतल के एक जैसे चार ढक्कन।

अम्ल नक़्क़ाशी के बाद स्लैब को धोने के लिए नल का पानी।

दो उथले पारदर्शी प्लास्टिक पैन।

क्या करें :

1. ***मार्बल स्लैब पर चित्रकारी***
   - *समतल सतहों, जहाँ नक़्क़ाशी होनी है, को छोड़कर दोनों स्लैबों की सभी सतहों को नेल पॉलिश से पेंट करें।*
   - *पेंट सूखने के लिए 5-10 मिनट अलग रख दें।*
2. *अम्ल नक़्क़ाशी का सेटअप तैयार करना :*
   निम्नलिखित अम्ल नक़्क़ाशी का सेटअप तैयार करें ।
   - *सेटअप-1 (**चित्र देखें**) : एक प्लास्टिक पैन लें और उसके अन्दर पहले स्लैब को इस तरह रखें कि उसकी सपाट सतह ऊपर की ओर हो।*
   - *सेटअप-2 (**चित्र देखें**) : दूसरे प्लास्टिक पैन में, दूसरे स्लैब को उसकी सपाट सतह को नीचे की ओर करके, बोतल के चार ढक्कनों पर रखें।*



सेटअप-1 ***सेटअप-2***

3. ***अम्ल नक़्क़ाशी (यह चरण शिक्षक द्वारा प्रदर्शित किया जाए)***

- *अवलोकन करें कि कैसे आपके शिक्षक धीरे-धीरे दोनों सेटअप में अम्ल घोल डालते हैं। घोल का आयतन सेटअप-1 में स्लैब की ऊपर वाली सतह (जिसे उकेरा जाना है) और सेटअप-2 में स्लैब की नीचे वाली सतह को डुबोने के लिए पर्याप्त होना चाहिए। सेटअप-2 में आवश्यक अम्ल की मात्रा सेटअप-1 में आवश्यक मात्रा से बहुत कम होगी।*
- *बुलबुले दिखाई देना बन्द होने के बाद, देखें कि कैसे आपके शिक्षक प्रत्येक स्लैब को बाहर निकालने के लिए चिमटे का उपयोग करते हैं और फिर लगे रह गए अम्ल को हटाने के लिए इसे नल के पानी से धोते हैं।*
- *दोनों स्लैबों पर नक़्क़ाशी के विस्तार और गुणवत्ता का अवलोकन करें।*

अवलोकन कीजिए और सोचिए :

- *सेटअप-1 में बुलबुले दिखने में कितना समय लगता है? वे कहाँ दिखाई देते हैं? बुलबुले दिखना बन्द होने में कितना समय लगता है?*
- *सेटअप-2 में बुलबुले दिखने में कितना समय लगता है? वे कहाँ दिखाई देते हैं? बुलबुले दिखना बन्द होने में कितना समय लगता है?*

चर्चा करें :

- *बुलबुले की संख्या और उनके दिखाई देने की दर के आधार पर दोनों सेटअप की तुलना करें। क्या आप कोई अन्तर देखते हैं? यदि हाँ, तो क्या आप अन्तर के लिए कोई कारण बता सकते हैं?*
- *दोनों स्लैबों पर नक़्क़ाशी के विस्तार और गुणवत्ता की तुलना करें। क्या आप कोई अन्तर देखते हैं? यदि हाँ, तो क्या आप अन्तर के लिए कोई कारण बता सकते हैं?*

रचनाकार :
रंजीत कुमार दाश, ऋषि वैली स्कूल, आन्ध्र प्रदेश में शिक्षक हैं।
उनसे ranjitkumardash@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : जितेन्द्र 'जीत'

मुख्य बिन्दु

- कला और सौन्दर्य कार्यों के माध्यम से विज्ञान की अवधारणाओं की समझ को प्रोत्साहित करने वाली कक्षा गतिविधियों की योजना बनाना उपयोगी है।
- गतिविधि-उन्मुख कक्षाएँ सीखने के लिए एक बहु-संवेदी और 'मज़ेदार' दृष्टिकोण की अनुमति देती हैं। विद्यार्थियों को अपने अवलोकन, एहसास और अनुभवों के माध्यम से अवधारणाओं से सम्बन्ध स्थापित करने का अवसर मिलता है। यह बेहतर ध्यान और गहन सीखने में सहायता कर सकता है।
- शिक्षक के लिए कक्षा का नेतृत्व करना महत्त्वपूर्ण है, लेकिन हर समय नहीं। यदि विद्यार्थी समूहों को एक साथ काम करने के लिए प्रोत्साहित किया जाए तो, वे एक-दूसरे से सुनते और सीखते हैं; जाँच करते हैं, एक-दूसरे के तर्क को विस्तार देते हैं और काटते हैं; और कभी-कभी, कक्षा के ज़्यादातर विद्यार्थियों को एक सामान्य समझ तक ले आते हैं।
- ऐसा दृष्टिकोण शिक्षक को कुछ मनो-भावनात्मक कौशलों के विकास में, जो विज्ञान के अभ्यास के लिए महत्त्वपूर्ण हैं, मदद कर सकता है। इनमें अवलोकन-सुनना-सोचना, एक साथ काम करना, बुद्धिमानी से अनुमान लगाना, साथ ही सूचनाओं से समझ और सम्बन्ध बनाने की क्षमता शामिल है।

आभार : मैं सभी शिक्षकों, स्टाफ़ सदस्यों और विद्यार्थियों को धन्यवाद देना चाहूँगा जो कई आवश्यक चर्चाओं के माध्यम से इस मॉड्यूल को बनाने के लिए नए विचारों को लेकर आए। मैं उन विद्यार्थी समूहों को भी धन्यवाद देना चाहूँगा जिन्होंने इस यात्रा में भाग लिया और अपने दृष्टिकोण साझा किए। आलोक माथुर (ऋषि वैली स्कूल), डॉ. राधा गोपालन (अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय) और प्रोफेसर अर्नब दत्ता (आईआईटी बॉम्बे) को लेख को आलोचनात्मक रूप से पढ़ने और इसमें सुधार के लिए उपयोगी टिप्पणियों का सुझाव देने के लिए धन्यवाद देना मेरे लिए ख़ुशी की बात है।

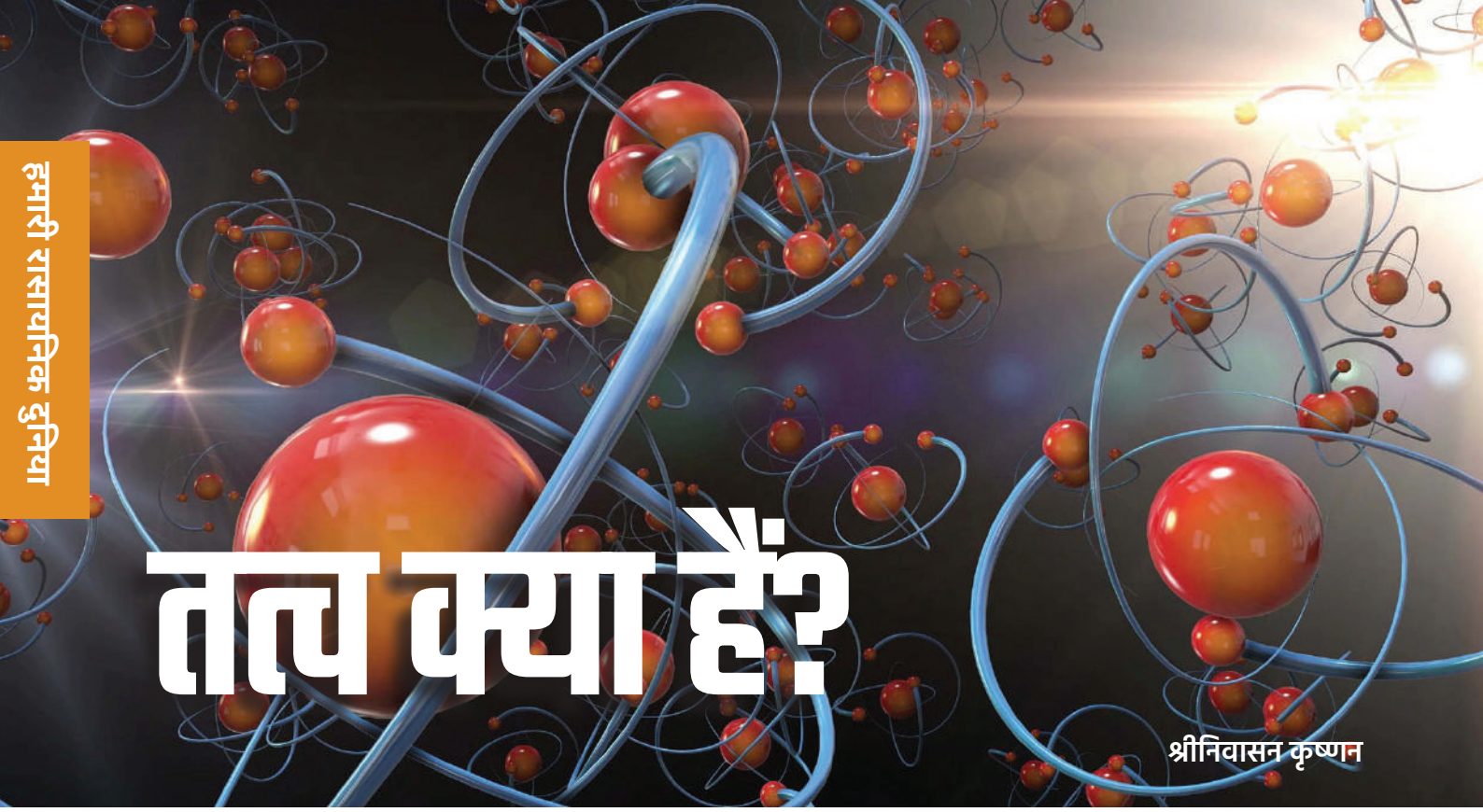
Note: Source of the image used in the background of the article title: A collage of triangles. Credits: Ranjit Kumar Dash. License: CC-BY-NC.

References:

1. Wikipedia contributors. (2022, July 3). Lithography. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. *URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lithography&oldid=1096336050.*
2. Hague Circle—International Council for Steiner Waldorf Education and the Pedagogical Section at the Goetheanum. Vertical Curriculum—Chemistry, Waldorf Resources. URL: *https://www.waldorf-resources.org/vertical-curriculum/chemistry.*
3. Mitchell, David S. (2004). The Wonders of Waldorf Chemistry from a Teacher's Notebook, Grade VII-IX. AWSNA Publications, New York.

रंजीत कुमार दाश, ऋषि वैली स्कूल, आन्ध्र प्रदेश में शिक्षक हैं। वे विज्ञान सीखने और सिखाने को रोचक बनाने के लिए साधारण प्रयोग, आसान गतिविधियाँ, कलाकृति के विभिन्न रूपों और प्रकृति से सीखने आदि को साथ लाने में दिलचस्पी रखते हैं। उनसे ranjitkumardash@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : जितेन्द्र 'जीत' **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय



तत्व क्या हैं?

श्रीनिवासन कृष्णन

किसी पदार्थ को हम तत्व कब कहते हैं? तत्व की अवधारणा परमाणु की अवधारणा से किस तरह जुड़ी है? क्या परमाणु वास्तव में होते हैं? तत्वों की हमारी परिभाषाओं में इतनी अस्पष्टता क्यों हैं और ये बदलते क्यों हैं?

हम अपनी इन्द्रियों का इस्तेमाल करके उन अलग-अलग पदार्थों को देखते हैं जिनसे हमारा संसार बना है। और हम निगमन और अनुमान की अपनी क्षमताओं (जो मौजूदा तकनीक और बौद्धिक संरचनाओं की मज़बूती पर निर्भर होती हैं) का इस्तेमाल नए पदार्थों की खोज करने और पहले से ज्ञात पदार्थों को और ज़्यादा उपयुक्त तरीक़ों से वर्गीकृत करने के लिए करते हैं।

पदार्थ की दुनिया में किया जाने वाला यह अन्वेषण नए पदार्थों के संश्लेषण में भी मदद करता है। पुराने समय से ही मनुष्य मौजूदा पदार्थों के मेल से या आसवन करके/अरक निकालकर नए तरह के पदार्थ बनाने की क्षमता दिखाता रहा है। इस क्षमता के दैनिक जीवन के कुछ उदाहरण हैं : व्यंजन पकाना, औषधियों और पेय पदार्थों को मिलाना, इमारतों और औज़ारों का निर्माण करना आदि। 'वांछित' गुणों वाले ज़्यादा जटिल पदार्थों और प्रणालियों को बनाने की हमारी तलाश इस सवाल का जवाब देने की हमारी क्षमता पर आधारित है कि वे मूल पदार्थ कौन-से हैं जिनसे बाक़ी सभी पदार्थ बनते हैं।

यह विचार नया नहीं है कि पृथ्वी पर पाए जाने वाले सभी पदार्थ एक ही तरह के अनूठे और मौलिक बिल्डिंग ब्लॉक्स से बने हो सकते हैं। कई प्राचीन सभ्यताओं ने इन तत्वों जैसे पदार्थों के अस्तित्व की कल्पना की है (**बॉक्स-1** देखें)। उनमें से कुछ ने इन 'तत्वों' को 'परमाणु जैसे' अविभाज्य कणों के रूप में भी परिभाषित किया है (**बॉक्स-2** देखें)। इससे पता चलता है कि प्राचीन विश्व में तत्वों और परमाणुओं की अवधारणाओं के बीच एक गहरा सम्बन्ध था। यह समझ समय के साथ विकसित हुई है। आज, हम प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले 92 पदार्थों को तत्वों के रूप में वर्गीकृत कर चुके

बॉक्स-1 : प्राचीन सभ्यताओं में तत्व

हालाँकि कई प्राचीन सभ्यताएँ तत्वों के अस्तित्व में यक़ीन करती थीं, फिर भी हर सभ्यता में तत्वों के वर्गीकरण अलग-अलग हुए। उदाहरण के लिए, प्राचीन यूनानियों का मानना था कि केवल चार तत्व हैं - पृथ्वी, वायु, अग्नि और जल। प्राचीन भारतीयों ने एक और तत्व, आकाश के बारे में बताया। चीनवासियों के पास तत्वों की थोड़ी अलग सूची थी - पृथ्वी, अग्नि, जल, लकड़ी और धातु।

बॉक्स-2 : प्राचीन सभ्यताओं में परमाणु

कई प्राचीन सभ्यताओं का मानना था कि तत्व परमाणुओं जैसे अविभाज्य कणों से बने होते हैं। उदाहरण के लिए, छठी शताब्दी ईसा पूर्व में दर्शनशास्त्र के वैशेषिक मत के संस्थापक कणाद ने सुझाव दिया कि सभी पदार्थ चार मूल प्रकार के 'परमाणुओं' से बने होते हैं, जिनमें से हरेक चार तत्वों - पृथ्वी, जल, अग्नि और वायु में से एक के अनुरूप होता है। उन्होंने विभिन्न प्रकार के परमाणुओं के अलग-अलग गुण बताए और यह निर्धारित करने के लिए जटिल नियमों का वर्णन किया कि वे कैसे आपस में जुड़कर सभी ज्ञात पदार्थों का निर्माण करते हैं। बौद्ध, जैन, इस्लामिक और यूनानी विचारधाराओं ने भी परमाणु जैसे कणों की अवधारणा को तत्वों की सबसे छोटी इकाई और सभी पदार्थों के मूल की तरह स्थापित किया। भले ही प्रत्येक मत ने इन कणों और उनके गुणों का अलग-अलग वर्णन किया है, लेकिन इन सभी का मानना था कि ये कण शाश्वत, अविनाशी और अविभाज्य थे; और यह भी कि एक तरह के कण हूबहू एक जैसे थे।[1]

हैं और (92 से ज़्यादा परमाणु क्रमांक वाले) कृत्रिम रूप से कई और तत्व संश्लेषित कर रहे हैं। ऐसा सिर्फ़ इसलिए हो सका है क्योंकि परमाणुओं और तत्वों के बीच सम्बन्धों को लेकर हमारी समझ अब इस तरह के निर्माण करने के लिए पक्की हो चुकी है। हालाँकि, रसायनशास्त्रियों को अभी भी इन दोनों अवधारणाओं की निश्चितता और सटीकता में एक तरह की कमी दिखाई देती है जिनके बारे में शिक्षकों और विद्यार्थियों को पाठ्यपुस्तकों और अन्य शैक्षिक संसाधनों में शायद ही कभी बताया जाता है।

क्या परमाणु वास्तविक हैं?

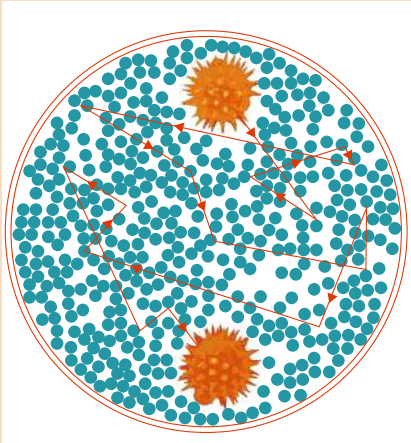
यह धारणा कि तत्व परमाणुओं से बने हैं, आधुनिक विज्ञान के विकास में बहुत ज़्यादा महत्त्व रखती है। जैसा कि भौतिक विज्ञानी रिचर्ड फ़ाइनमैन ने एक बार लिखा था, *"अगर किसी प्रलय में सारा वैज्ञानिक ज्ञान नष्ट हो जाए और अगली पीढ़ियों के प्राणियों को केवल एक वाक्य हस्तान्तरित करना हो, तो किस कथन में सबसे कम शब्दों में सबसे ज़्यादा जानकारी होगी? मेरा मानना है कि यह परमाणु परिकल्पना होगी (या परमाणु तथ्य या आप इसे जो भी कहना चाहें) कि सभी चीज़ें परमाणुओं से बनी हैं — छोटे कण जो निरन्तर गति में घूमते हैं, जब वे थोड़ी दूरी पर होते हैं तो एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं, लेकिन एक-दूसरे के बहुत पास लाए जाने पर प्रतिकर्षित होते हैं। आप देखेंगे कि अगर इस एक वाक्य में, थोड़ी-सी कल्पना और सोच को भी शामिल किया जाए तो इसमें दुनिया के बारे में बहुत सारी जानकारी है।"* हालाँकि, यह तर्क भी दिया जा सकता है कि परमाणु वास्तविक नहीं हो सकते। आख़िरकार, हमारे लिए वे इतनी तेज़ गति वाले और सूक्ष्म होते हैं कि किसी सामान्य सूक्ष्मदर्शी से भी हम उन्हें 'देख' नहीं सकते। फिर हम उनके अस्तित्व में विश्वास क्यों करते रहे हैं? और हम कैसे जानते हैं कि तत्व असल में ऐसे कणों से बने होते हैं?

वर्ष 1905 में, बर्न पेटेंट कार्यालय में काम करने वाले उस समय तक अज्ञात भौतिक विज्ञानी अल्बर्ट आइंस्टीन, ऊष्मागतिकी के दूसरे नियम का अध्ययन कर रहे थे। इस समय, परमाणुओं और अणुओं के 'भौतिक अस्तित्व' पर गर्मागर्म वैज्ञानिक बहस छिड़ी हुई थी। जहाँ कुछ वैज्ञानिकों, जैसे भौतिकविद् जे. विलार्ड गिब्स और लुडविग बोल्ट्ज़मैन ने तर्क दिया कि ऊष्मा परमाणुओं की निरन्तर उत्तेजित गति का प्रभाव था; वहीं भौतिक विज्ञानी अर्न्स्ट माक और भौतिक रसायनशास्त्री विल्हेम ओस्टवाल्ड जैसे अन्य वैज्ञानिकों ने ऐसे कणों के अस्तित्व से इनकार किया। इसी साल आइंस्टीन ने एक पथ-प्रवर्तक शोधपत्र प्रकाशित किया, जिसने परमाणुओं और अणुओं के मौजूद होने के पक्ष में स्पष्ट प्रमाण प्रस्तुत किए। उन्होंने माना कि कोई भी कण जो परमाणुओं/ अणुओं के घोल में डूबा होगा, एक बड़े परमाणु/ अणु के व्यवहार और गतिकी का नमूना होगा। इस तरह उन्होंने पानी में परागकणों का निरीक्षण करने के लिए एक सूक्ष्मदर्शी का उपयोग करते हुए यह दिखाया कि उनकी

बॉक्स-3 : ब्राउनी गति के माध्यम से परमाणुओं को अप्रत्यक्ष रूप से 'देखना'

घास के फूल के कुछ परागकणों को पानी की एक बूँद में डालें और सूक्ष्मदर्शी से देखें। यदि पराग का आकार ठीक है (न तो बहुत भारी और न ही बहुत हल्का), तो आप देखेंगे कि यह एक सतत सहज गति दिखाने के उलट बेतरतीब ढंग से हिलता-डुलता है। वनस्पति विज्ञानी रॉबर्ट ब्राउन के नाम पर इस यादृच्छिक गति को 'ब्राउनी गति' कहा जाता है, जिन्होंने पहली बार (1827 में) इसके बारे में बताया था।

इससे थोड़ा मुश्किल प्रयोग है, काँच के कक्ष में बन्द धुएँ के कुछ कणों पर तेज़ रोशनी डालना और एक सूक्ष्मदर्शी से इसका अवलोकन करना। घूमते हुए धुएँ के बीच, कभी-कभी धुएँ के कण (जो प्रकाश के चमकीले धब्बों की तरह दिखते हैं) ब्राउनी गति करते हुए दिखाई दे सकते हैं।



चित्र-1 : पानी में पराग की यादृच्छिक गति पानी के अणुओं की ब्राउनी गति के कारण होती है।

बॉक्स-4 : डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त

डाल्टन ने कैवेंडिश और प्राउस्ट सहित कई अन्य वैज्ञानिकों द्वारा प्रस्तावित विचारों को एक ऐसे सिद्धान्त में समायोजित किया जिसे मापा और परखा जा सकता था। इस सिद्धान्त में पाँच कथन शामिल थे :

1. सभी पदार्थ सूक्ष्म और निश्चित कणों से मिलकर बने होते हैं जिन्हें परमाणु कहा जाता है।
2. परमाणु अविभाज्य और अविनाशी होते हैं।
3. एक ही तत्व के परमाणुओं के समान गुण (जैसे आकार और द्रव्यमान) होते हैं लेकिन वे अन्य तत्वों के परमाणुओं से भिन्न होते हैं।
4. परमाणु पदार्थ की सबसे छोटी इकाई है जो रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकती है।
5. विभिन्न तत्वों के परमाणु पूर्ण संख्या के निश्चित अनुपात में संयोजित होकर यौगिक बनाते हैं।

ब्राउनी गति तभी सम्भव होगी जब पानी की बूँद अणुओं से बनी हो। ऐसे अणुओं के न होने पर, निलम्बित परागकण पानी के हिलने-डुलने पर या तो पानी में ऊपर-नीचे होंगे या सहजता से अलग-अलग दिशाओं में चलेंगे। पर ऐसा नहीं हुआ, परागकण ऐसे चले जैसे कि अन्य कण उनके साथ बेतरतीब ढंग से टकरा रहे हों।[2] ये अन्य कण केवल पानी के अणु हो सकते थे (**बॉक्स-3** देखें)। इस व्याख्या के लिए आइंस्टीन को 1921 में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार मिला जो दर्शाता है कि वैज्ञानिक समुदाय के लिए इस बात का क्या महत्त्व था।

लेकिन 1980 के दशक के बाद से ही हम अलग-अलग परमाणुओं को देखने में सक्षम हो गए हैं।[3] 1981 में स्कैनिंग टनलिंग सूक्ष्मदर्शी (एसटीएम) के आविष्कार से हमें किसी भी सतह पर परमाणु की स्थिति को मानचित्रित करने में मदद मिली है, जब इसकी नोक या सलाई के किसी परमाणु से टकराने पर विद्युत धारा में परिवर्तन होता है।[4] वर्ष 2018 में, ऑक्सफ़ोर्ड विश्वविद्यालय के डेविड नाडलिंगर ने एक एकल स्ट्रोंटियम परमाणु की तस्वीर ली, जिसे एक लेज़र बीम द्वारा प्रकाशित किया गया था।[5] वर्ष 2021 में, न्यूयॉर्क के इथाका में कॉर्नेल विश्वविद्यालय में डेविड मुलर ने एक परमाणु की अब तक की सबसे ज़्यादा रिज़ॉल्यूशन वाली छवि को दर्ज करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी का उपयोग किया।[6]

किसी पदार्थ को तत्व कब कहा जाता है?

पाठ्यपुस्तकों में तत्वों की कई तरह की 'सटीक' परिभाषाएँ मिलती हैं। हालाँकि, हैरानी की बात है कि रसायनशास्त्रियों को अभी भी तत्वों की स्पष्ट, संक्षिप्त और व्यापक परिभाषा नहीं मिली है। उनकी कुछ चुनौतियाँ नामकरण से जुड़ी हैं। उदाहरण के लिए, हम सभी सहमत हो सकते हैं कि ऑक्सीजन एक तत्व है। लेकिन वास्तव में इससे हमारा क्या मतलब है? क्या हम एक पृथक ऑक्सीजन परमाणु की बात कर रहे हैं या आणविक ऑक्सीजन गैस की या त्रिपरमाणुक ओज़ोन की? या फिर 'तत्व' शब्द का मतलब इन सभी से है?

ज़्यादा बड़ी चुनौतियाँ हमारी इस बात पर निश्चित न होने में हैं कि जिसे हम आज एक तत्व कहते हैं, क्या भविष्य में वह और अधिक 'मूलभूत' पदार्थों में टूट जाएगा। उदाहरण के लिए, एक सामान्य परिभाषा यह है कि 'तत्व एक ऐसा पदार्थ है जिसे सरल पदार्थों में विघटित नहीं किया जा सकता'। इसका अर्थ यह है कि यदि किसी पदार्थ 'X' को दो-या-दो से ज़्यादा अलग-अलग पदार्थों में तोड़ा जा सकता है जो पुनः संयोजित होने पर पदार्थ 'X' को बनाते हैं, तो 'X' निश्चित रूप से तत्व नहीं है। यह पहली उपयोगी परिभाषाओं में से एक थी क्योंकि इसने वैज्ञानिकों को यह पहचानने में मदद की कि तत्व क्या 'नहीं' है। हालाँकि, इस परिभाषा को निर्णायक रूप से यह साबित करने के लिए इस्तेमाल नहीं किया जा सकता कि कोई पदार्थ वास्तव में एक तत्व है, क्योंकि किसी पदार्थ को विघटित करने की हमारी क्षमता काफ़ी हद तक हमारे पास उपलब्ध तकनीक और विधियों पर निर्भर होती है। इस प्रकार, इस बात की सम्भावना हमेशा बनी रहती है कि जो पदार्थ अभी विघटित नहीं हुआ है, वह ज़्यादा उन्नत तकनीकों और विधियों के उपलब्ध हो जाने के बाद विघटित हो सकता है। एक और अधिक उपयोगी परिभाषा है जो यह कहती है कि तत्व 'समान परमाणुओं से बना पदार्थ' है। यह परिभाषा 1808 में प्रकाशित जॉन डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की आधारशिलाओं में से एक थी (**बॉक्स-4** देखें)। इस अवलोकन के बाद, कि 'तत्व' हमेशा पूर्ण संख्या के अनुपात में जुड़कर नए पदार्थ बनाते हैं, डाल्टन को यक़ीन हो गया कि वे एकल बिल्डिंग

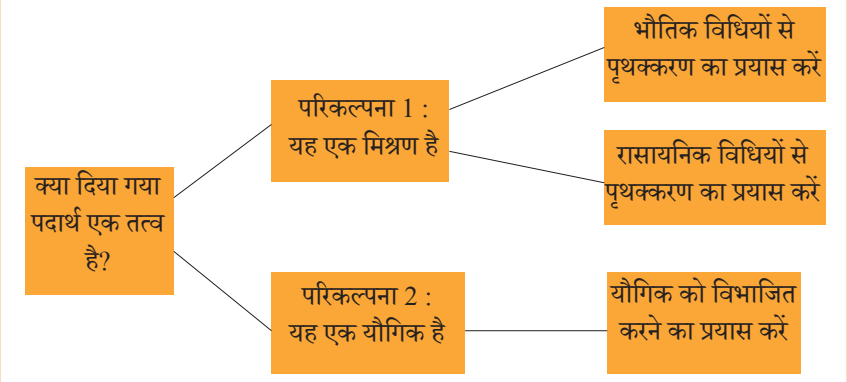
बॉक्स-5 : साधारण जल और भारी जल

साधारण जल में हाइड्रोजन का सामान्य समस्थानिक होता है, जिसके नाभिक में एक प्रोटॉन होता है; जबकि भारी जल में ड्यूटेरियम होता है जो एक अतिरिक्त न्यूट्रॉन के साथ हाइड्रोजन का एक समस्थानिक है। भारी जल का एक मोल साधारण जल से काफ़ी भारी होता है (2 ग्राम), इसका हिमांक बदलकर 3.8 डिग्री हो जाता है और यह साधारण जल की तुलना में लगभग 11% सघन होता है। क्या यह हैरानी की बात नहीं है कि एक अतिरिक्त न्यूट्रॉन के होने से गुणों में इतना अन्तर पैदा हो जाता है? इसके असामान्य गुणों के कारण, परमाणु रिएक्टरों में न्यूट्रॉन को अवशोषित करने के लिए (या न्यूट्रॉन मॉडरेटर के रूप में) भारी जल का बड़े पैमाने पर इस्तेमाल किया जाता है।

बॉक्स-6 : हमें कैसे पता चलेगा कि कोई पदार्थ तत्व, यौगिक या मिश्रण है?

यदि आप ग्रेफ़ाइट की दो छड़ों या मोटी पेंसिलों को एक गिलास नल के पानी में डालते हैं और इन छड़ों को 18 वोल्ट की बैटरी से जोड़ते हैं, तो आपको दोनों इलेक्ट्रोड पर गैस के बुलबुले दिखाई देंगे। दोनों गैसों को अलग-अलग परखनलियों में आसानी से इकट्ठा किया जा सकता है। हम पाठ्यपुस्तकों और अन्य सन्दर्भ सामग्री से जानते हैं कि ये गैसें हाइड्रोजन और ऑक्सीजन तत्व हैं, लेकिन हम इसे प्रयोग के ज़रिए कैसे साबित करेंगे?

उदाहरण के लिए ऑक्सीजन को ही लें। आइए इस परिकल्पना के साथ शुरू करें कि यह दो-या-दो से अधिक गैसों का मिश्रण है। यह मानते हुए कि हम सभी ज्ञात गैस पृथक्करण तकनीकों का इस्तेमाल कर सकते हैं, इस बात की बहुत ज़्यादा सम्भावना है कि हम इनमें से कम-से-कम एक तकनीक की मदद से इसे इन गैसीय घटकों में अलग करने में सक्षम होंगे। यह प्रायोगिक साक्ष्य प्रदान करेगा कि ऑक्सीजन वास्तव में एक तत्व नहीं बल्कि गैसों का मिश्रण है। हालाँकि असल में हम केवल ऑक्सीजन के अलग-अलग समस्थानिकों को अलग करने में कामयाब रहे होंगे, जो अपने सभी भौतिक और रासायनिक गुणों में एक-दूसरे के समान हैं। इससे यह सम्भावना ख़त्म नहीं होती कि पर्याप्त उन्नत तकनीक नहीं होने के कारण हम ऑक्सीजन को अन्य गैसीय घटकों में अलग करने में अक्षम हैं।

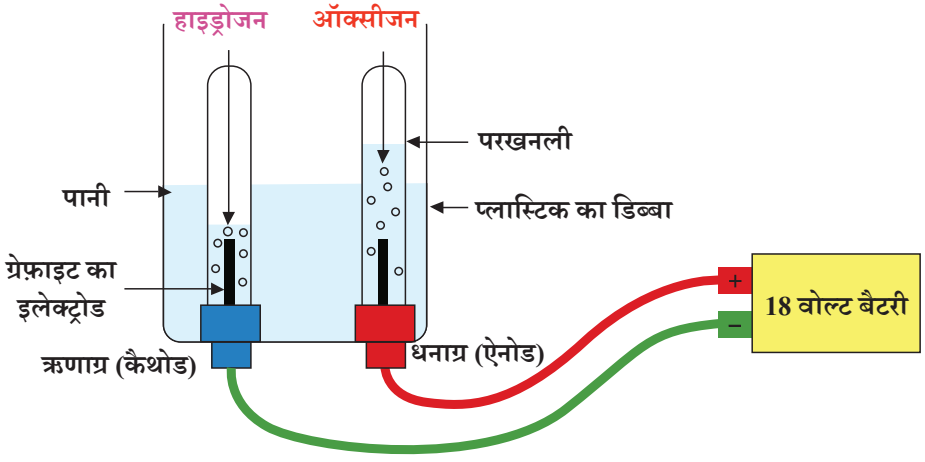


चित्र-3 : जब आपके सामने कोई ऐसा पदार्थ आता है जो आपके लिए नया है तो उसकी जाँच की सम्भावित योजना दिखाने वाला फ़्लो-चार्ट।

वर्तमान पृथक्करण तकनीकों द्वारा ऑक्सीजन को अन्य गैसीय घटकों में अलग करने में हमारी अक्षमता का कारण यह भी हो सकता है कि सम्भव है, इन गैसीय घटकों में द्रव्यमान जैसे समान भौतिक गुण हों। यह हमें इस सम्भावना की ओर ले जाता है कि वे अपने रासायनिक गुणों में अलग-अलग हो सकते हैं। अगर ऐसा है, तो ऑक्सीजन मिश्रण को अलग करने का एक तरीक़ा ऑक्सीजन और विशिष्ट मात्रा में शुद्ध क्षार धातुओं, जैसे सोडियम और पोटेशियम के बीच अभिक्रिया करना होगा। अगर इन अभिक्रियाओं में से एक भी अभिक्रिया दो-या-दो से ज़्यादा यौगिक निर्मित करती है तो भी हम उनके भौतिक (जैसे बनावट, गन्ध या स्पर्श) या रासायनिक गुणों से अलग-अलग पहचान सकते हैं, यह हमारी परिकल्पना को साबित करेगा। इस तरह की अभिक्रियाओं के लिए संक्रमण धातुओं के इस्तेमाल से बचना सबसे अच्छा होगा क्योंकि उनकी अलग-अलग ऑक्सीकरण अवस्थाओं के कारण ऐसी अभिक्रियाओं के परिणामस्वरूप एक-से ज़्यादा यौगिकों का निर्माण होगा, भले ही ऑक्सीजन एक तत्व हो।

इस परिकल्पना का परीक्षण करने का एक दूसरा तरीक़ा अन्य स्रोतों से ऑक्सीजन प्राप्त करना होगा, जैसे मर्करी ऑक्साइड या कुछ नाइट्रेट्स को गर्म करके। अगर यह हमारे शुरुआती प्रयोग (ग्रेफ़ाइट की छड़ों) से प्राप्त हाइड्रोजन के साथ पानी बनाने के लिए अभिक्रिया करता है (और वास्तव में ऐसा ही होता है), तो सबसे सरल व्याख्या यह होगी कि ऑक्सीजन गैसों का मिश्रण नहीं है। वाह! दिया गया पदार्थ मिश्रण नहीं है, यह दिखाने के लिए कुछ ज़्यादा ही मेहनत हो गई!

हालाँकि, यह इस सम्भावना को ख़त्म नहीं करता कि ऑक्सीजन एक यौगिक है। इस सम्भावना का परीक्षण करना बहुत ज़्यादा पेचीदा है क्योंकि वर्तमान में हमारे पास इस यौगिक को रासायनिक रूप से विभाजित करने के उपकरण नहीं हैं। जब तक ऐसे उपकरण विकसित नहीं हो जाते और ऑक्सीजन का विघटन नहीं हो जाता, तब तक ऑक्सीजन के यौगिक होने की सम्भावना को ख़त्म नहीं किया जा सकता। साथ ही, एक बार ऑक्सीजन के विघटित हो जाने के बाद, इसके घटकों को तब तक तत्व माना जाएगा जब तक कि हम उन्हें और विभाजित करने के लिए कोई उपयुक्त विधि नहीं खोज लेते। चूँकि अभी तक इनमें से कुछ भी नहीं हुआ है, इसलिए हम मानते हैं कि ऑक्सीजन एक तत्व है।



चित्र-2 : पानी का विद्युत अपघटन : परखनलियों में ऑक्सीजन और हाइड्रोजन गैसें एकत्रित हो रही हैं।

ब्लॉक से बने हैं। उन्होंने तर्क दिया कि अगर परमाणु वास्तव में मौजूद नहीं होते तो तत्वों के आपस में जुड़ने का अनुपात यादृच्छिक होता।

समस्थानिकों की खोज के बाद ये दोनों परिभाषाएँ बेमानी हो गईं। इस खोज से पता चला कि कुछ पदार्थ जिन्हें पहले 'तत्वों' के रूप में बाँटा गया था (क्योंकि उन्हें ग़ैर-विघटनीय माना जाता था) स्वाभाविक रूप से या एक परमाणु रिएक्टर में आवेशित कणों की बमबारी करके आइसोटोप प्राप्त किए जा सकते हैं। एक तत्व के समस्थानिक अपने भौतिक गुणों में एक-दूसरे से भिन्न होते हैं और उन्हें मूल नमूने को निर्मित करने के लिए पुनर्संयोजित किया जा सकता है। यदि हम पहली परिभाषा को स्वीकार करते हैं, तो ऐसे तत्वों को यौगिकों के रूप में वर्गीकृत किया जाएगा। फिर से डाल्टन की परिभाषा के उलट, समस्थानिकों के परमाणु एक जैसे नहीं होते - उनका द्रव्यमान अलग-अलग होता है (न्यूट्रॉनों की संख्या में अन्तर के कारण) और अक्सर उनके द्वारा बनने वाले पदार्थों के भौतिक गुण भी भिन्न होते हैं (**बॉक्स-5** देखें)। इस प्रकार, यदि हम डाल्टन की परिभाषा को स्वीकार करते हैं, तो तत्व के हर समस्थानिक को एक अलग तत्व के रूप में वर्गीकृत किया जाएगा।

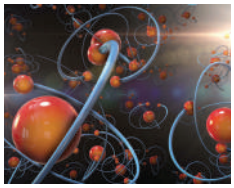
रसायनविज्ञान का आधुनिक युग 1789 के आस-पास शुरू हुआ, जब 'रसायनविज्ञान के जनक', एंटोनी-लॉरेंट डी. लेवोज़ियर (1743-1794) ने तत्वों को वर्गीकृत करने की कोशिश की। लेवोज़ियर ने तत्व को एक ऐसे पदार्थ के रूप में परिभाषित किया जिसे रासायनिक विश्लेषण की किसी भी ज्ञात विधि द्वारा आगे विभाजित नहीं किया जा सकता (**बॉक्स-6** देखें)। उनकी यह बेहद सटीक परिभाषा बहुत उल्लेखनीय है क्योंकि 'रासायनिक विश्लेषण की किसी भी ज्ञात विधि' द्वारा विभाजित नहीं किए जा सकने वाले पदार्थों तक सीमित करना ऐसा लगता है जैसे लेवोज़ियर इस सम्भावना को स्वीकार कर रहे थे कि अन्य विधियाँ (जो लगभग 150 साल बाद ही ज्ञात होंगी!) आगे विघटन में कामयाब हो सकती हैं। यह ध्यान रखना भी दिलचस्प (और मनोरंजक) हो सकता है कि लेवोज़ियर ने उन सभी अस्तित्वों को शामिल किया जिन्हें वह तत्वों की अपनी सूची में रासायनिक साधनों का उपयोग करके विभाजित नहीं कर सकते थे। इनमें प्रकाश, ऊष्मा और धातु ऑक्साइड शामिल थे। 19वीं शताब्दी में विद्युत प्रवाह के व्यापक उपयोग के साथ ही धातु के ऑक्साइड को विघटन योग्य पाया गया था। चूँकि प्रकाश और ऊष्मा पदार्थ नहीं हैं, उन्हें अब तत्वों के रूप में वर्गीकृत नहीं किया जाता।

19वीं और 20वीं शताब्दी में परमाणु भौतिकी और खगोल भौतिकी सहित विज्ञान के कई क्षेत्रों में हुई प्रगति ने इस बात के स्पष्ट प्रमाण दिए हैं कि सभी ज्ञात तत्व परमाणुओं से बने हैं। हम यह भी जानते हैं कि परमाणु तीन स्थाई कणों से बने होते हैं - धनात्मक रूप से आवेशित प्रोटॉन, बिना किसी आवेश वाले न्यूट्रॉन और ऋणात्मक रूप से आवेशित इलेक्ट्रॉन। और यह कि प्रोटॉन और न्यूट्रॉन परमाणु के सघन आन्तरिक कोर (या नाभिक) में एक साथ बँधे होते हैं, जो परिक्रमा करने वाले इलेक्ट्रॉनों से घिरा होता है और परमाणु के अधिकांश आयतन को भरता है। इस जानकारी को ध्यान में रखते हुए, हम तत्व की ज़्यादा सटीक परिभाषा पर पहुँचते हैं कि 'कोई भी तत्व एक प्रकार के परमाणुओं से बना होता है, जिनमें समान संख्या में प्रोटॉन होते हैं (जिसे इसका परमाणु क्रमांक कहा जाता है)।'

चलते-चलते

हालाँकि परमाणुओं और तत्वों की अवधारणाएँ रसायनविज्ञान की हमारी समझ का आधार हैं, फिर भी उनकी परिभाषाएँ एकदम स्पष्ट नहीं हैं। इसकी बजाय, पाठ्यपुस्तक की कई परिभाषाएँ ऐसी हर अवधारणा और एक-दूसरे से उनके सम्बन्ध के बारे में हमारी समझ चरणों के बारे में बताती हैं। शिक्षक अक्सर यह मानकर चलते हैं कि विद्यार्थी इन परिभाषाओं की सीमाओं और अनिश्चितता से परिचित हैं या धीरे-धीरे इन्हें ख़ुद समझ लेंगे। हालाँकि, इसमें कोई संशय नहीं है कि अगर शिक्षक इन विकसित होती हुई परिभाषाओं के इतिहास का पता लगाकर उनकी वैधता की सशर्त प्रकृति को सम्प्रेषित कर सकें और ऐसे विकासों की खोज को प्रोत्साहित कर सकें जो आज की हमारी सर्वोत्तम परिभाषाओं को भविष्य में अपर्याप्त या त्रुटिपूर्ण बना सकता है तो कम भ्रामक होगा।

मुख्य बिन्दु



- 'वांछित' गुणों वाले अधिक जटिल पदार्थ और तंत्र बनाने की हमारी क्षमता तत्वों और परमाणुओं को लेकर हमारी समझ पर निर्भर करती है।
- प्रौद्योगिकी में नई प्रगति होने के साथ परमाणुओं की भौतिक वास्तविकता के लिए हमारे प्रमाण और उनकी उप-परमाणु संरचना की हमारी समझ का विकास हुआ है।
- तत्वों को लेकर हमारी परिभाषाएँ हमारे पास उपलब्ध पृथक्करण की तकनीकों और नमूने की शुद्धता का परीक्षण करने के लिए उपयोग की जाने वाली विधियों के साथ विकसित होती हैं।
- शिक्षक और पाठ्यपुस्तक शायद ही कभी तत्वों की सामान्य परिभाषाओं की अनिश्चित प्रकृति के बारे में बताते हैं।
- विद्यार्थियों के लिए तत्वों की विकसित परिभाषाओं के इतिहास का पता लगाना उनकी वैधता की सशर्त प्रकृति को सम्प्रेषित करने में उपयोगी हो सकता है।

Notes:

1. This article is derived from a longer article first published in i wonder..., Feb 2017, pg. 84-94.
   URL: https://publications.azimpremjiuniversity.edu.in/1267/1/16_THE%20ORIGINS%20OF%20ELEMENTS.pdf.
   This version has some additions (by the editors) to update it and to make its connections to middle school science more explicit.
2. Source of the image used in the background of the article title: Chemistry. Credits: tommyvideo, Pixabay.
   URL: https://pixabay.com/illustrations/atoms-molecule-chemistry-science-5064796/. License: CC0.

References:

1. See 'The Atom in the History of Human Thought' authored by Bernard Pulman and published by Oxford University Press (1998) for a more comprehensive account.
2. See an accurate motion picture of Brownian motion here: *https://en.wikipedia.org/wiki/Brownian_motion.*
3. Watch Sam Kean take us through the nearly 2,400-year quest to see the atom in this episode of Reactions' "Legends of Chemistry" series: *https://www.youtube.com/watch?v=ipzFnGRfsfE.*
4. Watch Olivia Gordon, from SciShow, explain how the Scanning Tunnelling Microscope allows us to see individual atoms in a sheet of metal: *https://www.youtube.com/watch?v=S-M7JjYCITY.*
5. See David Nadlinger's award-winning photo of a strontium atom and read about how he took it: *https://www.ox.ac.uk/news/science-blog/image-strontium-atom-wins-national-science-photography-prize.*
6. See David Muller's image of an atom and read more about it here: *https://dug.com/behold-the-highest-resolution-image-of-atoms-ever-taken/.*

श्रीनिवासन कृष्णन ने सेमी-क्लासिकल क्वांटम ग्रेविटी के क्षेत्र में द इंटर-यूनिवर्सिटी सेंटर फ़ॉर एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफ़िज़िक्स (IUCAA), पुणे से पीएचडी की है। उन्होंने सेंटर फ़ॉर लर्निंग (सीएफ़एल), बेंगलूरु में विज्ञान पढ़ाया है। उन्हें डिज़ाइन और प्रौद्योगिकी, इलेक्ट्रॉनिक्स और क़िताबें पढ़ने में भी गहरी रुचि है। उनसे ksrini69@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

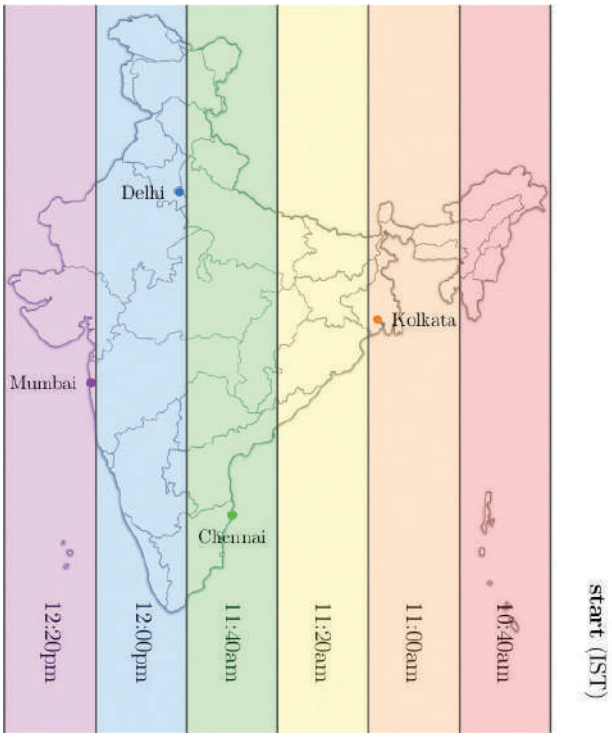
अनुवाद : अमेय कान्त **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

क्या बताती है विषुव के समय आपकी परछाईं?

आलोक माण्डवगणे और वरुणी पी.

विषुव साल में दो बार - 20 मार्च और 23 सितम्बर को होता है। इन दो दिनों पर सूर्य की किरणें पृथ्वी की धुरी (अक्ष) के लम्बवत पड़ती हैं। इसलिए दिन और रात की अवधि लगभग बराबर होती है।

इनमें से किसी भी दिन आप अपने अवलोकन और गणना के माध्यम से पृथ्वी के बारे में बहुत कुछ जान सकते हैं - परछाईं की न्यूनतम लम्बाई, स्थानीय मध्यान्ह, उत्तर (और अन्य दिशाएँ), साथ ही आपके क्षेत्र का अक्षांश और देशान्तर। निम्नलिखित गतिविधियाँ बताएगी कि कैसे :



चित्र-1 : अपना प्रयोग कब शुरू करें? प्रयोग शुरू करने का समय निश्चित करने के लिए इस नक़्शे पर अपनी स्थिति का पता लगाइए।
Credits: Alok Mandavgane & Varuni P. License: CC-BY-NC.

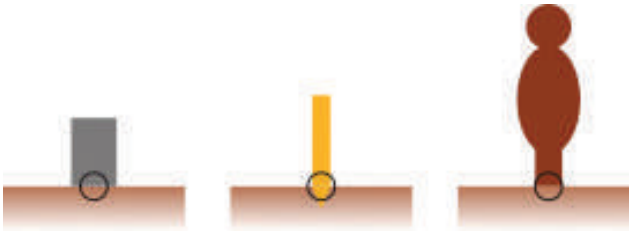
आवश्यक सामग्री

समतल मैदान (जहाँ सूर्य की रोशनी सीधी आती हो), एक लम्बवत (उर्ध्वाधर खड़ी) वस्तु और नापने का फीता।

क्या करना है

1. **प्रयोग जमाएँ :**

   प्रयोग की शुरुआत समतल मैदान पर एक बिन्दु बनाकर करें (**चित्र-1** देखें)। इस बिन्दु पर एक वस्तु (20 सेमी ऊँची) को खड़ा रखें। यह कोई पाइप, स्टम्प या आप स्वयं हो सकते हैं। यह आपका नोमोन (सौर घड़ी का शंकु) है - (यानी एक सीधी खड़ी छड़ी जो अपनी परछाईं की स्थिति और लम्बाई के द्वारा समय दिखाती है।) शंकु की ऊँचाई की माप लें (**चित्र-2**)।



चित्र-2 : अपने नोमान की ऊँचाई मापें।
Credits: Alok Mandavgane & Varuni P. License: CC-BY-NC.

2. **अवलोकन और मापन :**

- अपने शंकु की परछाईं के सिरे को मैदान पर चिह्नित करें।
- 80 मिनट तक हर 10 मिनट में परछाईं की लम्बाई नापें।
- इसके अलावा, दोपहर 12 बजे परछाईं की माप लें।

आप क्या पता लगा सकते हैं?

क) स्थानीय मध्यान्ह : वह समय होता है जब किसी भी दिन दोपहर के समय सूर्य आकाश में अपने उच्चतम बिन्दु पर होता है और परछाईं सबसे छोटी होती है। सबसे छोटी परछाईं का समय का पता लगाएँ, इससे आपको अपने स्थानीय मध्यान्ह का सही

बॉक्स- 1 : अन्य संसाधन

(क) : ज़ीरो शैडो डे (ZSD) एप - ये एक ऐसा एंड्रॉयड स्मार्टफ़ोन एप है जिसमें कई सारे इंटरएक्टिव विजुअलाइज़ेशंस हैं जिनके ज़रिए समझा जा सकता है कि विभिन्न जगहों पर पूरे साल के दौरान सूर्य से बनी परछाइयाँ किस तरह बदलती हैं। यह एप उपयोगकर्ताओं के लिए डाटा भी उपलब्ध कराता है। इस एप को एस्ट्रोनॉमिकल सोसायटी ऑफ़ इंडिया - पब्लिक आउटरीच एंड एजुकेशन कमिटी (ASI-POEC) ने शुरू किया है। इसे यहाँ से डाउनलोड किया जा सकता है - https://play.google.com/store/apps/details?id=com.alokm.zsd

(ख) ASI-POEC गतिविधियाँ : ये गतिविधियाँ परछाइयों की खोजबीन करने और समझने में मदद करेंगी :

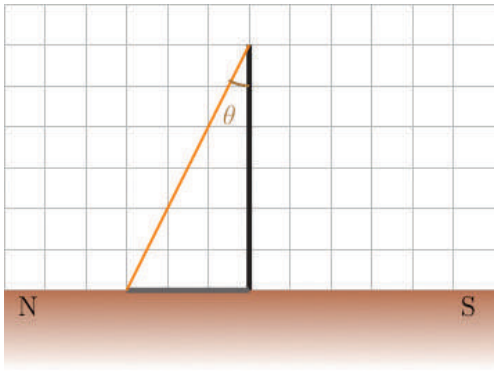
- शून्य परछाईं दिवस (Zero Shadow Day) : https://astronsoc.in/outreach/activities/zeroshadowday/.
- विषुव परछाइयाँ (Equinox Shadows) : https://astron-soc.in/outreach/activities/shadowsequinox/.
- दिसम्बर अयनान्त परछाइयाँ (December Solstice Shadows):https://astron-soc.in/outreach/activities/shadows-decemsolstice/.

(ग) परछाईं की लम्बाई के बारे में कक्षा सत्र

1. कहाँ है मेरी परछाईं : लर्निंग यूनिट, विज्ञान प्रतिभा (एचबीसीएसइ) URL : https://vigyanpratibha.in/index.php/where-ismy-shadow/.
2. सूरज और परछाईं के बारे में खोजबीन करने के लिए गतिविधियों की एक क़िताब - मोंटिरियो, वी, महाशब्दे, जी और बारभाई, पी (2008)। सन अर्थ एक्सपेरिमेंट : दिन के समय खगोल विज्ञान के गतिविधि कार्ड - नवनिर्मिति लर्निंग फ़ाउण्डेशन URL : https://navnirmitilearning.org/wp-content/ uploads/2021/07/Sun-Earth-Experiments-Activity-Cards-for-Day-Time-Astronomy.pdf.

समय पता लगेगा।(आप ZSD ऐप पर स्थानीय मध्यान्ह के अपने अवलोकन की जाँच कर सकते हैं। इसे **बॉक्स-1** में बताया गया है।)

ख) दिशाएँ (उ, द, पू, प) : ऐसा करने के लिए, मैदान पर चिह्नित किए गए मध्यान्ह के बिन्दु को शंकु के आधार से जोड़ते हुए एक लकीर खींचें। यह उत्तर-दक्षिण रेखा है (एक काल्पनिक रेखा जो एक बड़ा वृत्त बनाती है जो पृथ्वी के उत्तर और दक्षिण भौगोलिक ध्रुव से होकर गुजरती है)। एक बार जब आप यह रेखा बना लेते हैं, तो आप देखेंगे कि परछाईं स्थानीय मध्यान्ह से पहले इसके पश्चिम में होगी और स्थानीय मध्यान्ह के बाद इसके पूर्व में। याद रखें : विषुव के दिन सूर्य ठीक पूर्व में उगता है और ठीक पश्चिम में अस्त होता है। तो अगर आप क्षितिज पर सूर्य के उदित होने या अस्त होने वाले बिन्दु को देखकर जाँच कर सकते हैं कि क्या यह स्थानीय मध्यान्ह परछाईं द्वारा बताई गई दिशाओं से मेल खाता है।



चित्र-3 : अपना अक्षांश पता लगाएँ।
Credits: Alok Mandavgane & Varuni P. License: CC-BY-NC.

ग) अक्षांश : चूँकि विषुव के दिन सूर्य भूमध्य रेखा पर ठीक सिर के ऊपर है और इसकी किरणें पृथ्वी की धुरी पर लम्बवत पड़ रहीं हैं, इन किरणों द्वारा किसी लम्बवत खड़ी वस्तु पर स्थानीय मध्यान्ह के समय बना कोण उस स्थान के अक्षांश के बराबर होता है।

इसका पता लगाने के लिए शंकु की ऊँचाई और इसकी न्यूनतम परछाईं की लम्बाई लेकर एक समकोण त्रिभुज बनाइए। इस त्रिभुज के शीर्ष का कोण नापें (देखें **चित्र-3**)। यह कोण आपके अक्षांश के बराबर होता है।

द) देशान्तर : दिन के प्रत्येक क्षण, पृथ्वी के विभिन्न स्थानों पर अलग-अलग समय होता है। दिन के 24 घण्टे 360 डिग्री देशान्तर में बराबर-बराबर बँटे होते हैं। तो 1 डिग्री देशान्तर 4 मिनट के बराबर है। भारतीय मानक समय (IST) की गणना 82.5° देशान्तर पूर्व के आधार पर की जाती है जो प्रयागराज के पास स्थित है। अपना देशान्तर पता करने के लिए भारतीय मानक समय के अनुसार मध्यान्ह के समय और स्थानीय मध्यान्ह के बीच समय के अन्तर की गणना करें (**चित्र-4** देखें)। इससे आपको पता चलेगा कि आप 82.5 पू. से कितनी दूर हैं। उसके बाद निम्नलिखित सूत्र का प्रयोग करें —

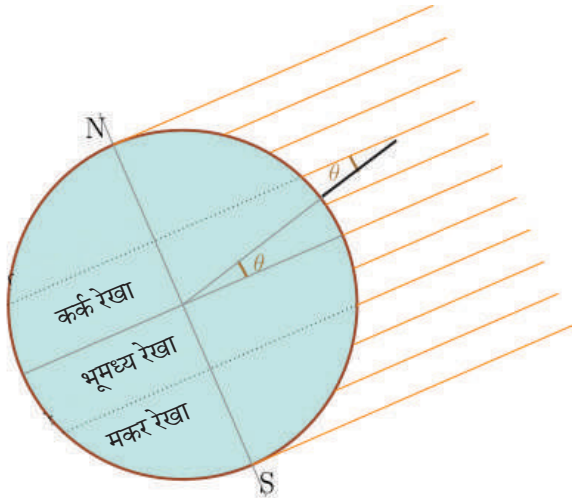
आपका देशान्तर = 82.5 पूर्व + (82.5 पूर्व पर स्थानीय मध्यान्ह का समय — आपकी स्थिति पर मध्यान्ह का समय)*/4

82.5 पूर्व पर 20 मार्च को स्थानीय मध्यान्ह का समय — 12:7**

82.5 पूर्व पर 23 सितम्बर को क्षेत्रीय दोपहर का समय — 11:52**

*मिनट में लिया गया है

** 'समय के समीकरण' की वजह से यह ठीक 12 IST नहीं है। इसके बारे में आप ZSD एप पर और जान सकते हैं।



चित्र-4 : अपने देशान्तर का पता लगाएँ।
Credits: Alok Mandavgane & Varuni P. License: CC-BY-NC.

और क्या?

अपनी जानकारी दूसरों के साथ साझा करने के लिए, इस लिंक पर जाकर गूगल फॉर्म भरें : https://astron-soc.in/outreach/activities/shadows-equinox/.

क्या आपको लगता है कि आपके और अन्य लोगों द्वारा एकत्रित जानकारी का उपयोग अन्य बातों का पता लगाने के लिए किया जा सकता है? जैसे पृथ्वी की परिधि या पृथ्वी के घूर्णन की गति? कैसे करेंगे?

आभार : लेखक इस लेख पर सुझावों और टिप्पणियों के लिए अनिकेत सुले (एचबीसीएसई), चैतन्य उर्सेकर (एचबीसीएसई), निरुज मोहन रामानुजन (आईआईए), टी.वी. वेंकटेश्वरन (विज्ञान प्रसार), विजय रविकुमार और ASI-POEC के सदस्यों के आभारी हैं।

Notes:

1. This snippet is based on a poster that was developed along with AIPSN and ASI-POEC for observation and measurements of the equinox: *https://astron-soc.in/outreach/activities/shadows-equinox/.*
2. Source of the image used in the background of the article title: Jigsaw pieces. Credits: Wounds_and_Cracks, Pixabay. URL: *https://pixabay.com/photos/puzzle-piece-tile-jig-jigsaw-game-3306859/. License: CC0.*

आलोक माण्डवगणे सॉफ्टवेयर डेवलपर हैं और शौक़िया अन्तरिक्ष विज्ञानी हैं। वे आर्यभट फ़ाउण्डेशन भोपाल, मध्यप्रदेश में कार्यरत हैं। उनसे alok.mandavgane@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

वरुणी पी. तमिलनाडु के चेन्नई स्थित गणितीय विज्ञान संस्थान(IMSc) में आउटरीच एसोसिएट हैं। उनसे varuni@imsc.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : नीतू यादव **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

कौशल सिखाइए तथ्य नहीं

मेमलनी ट्रेचेक-किंग

सभी विद्यार्थियों को विज्ञान सीखना क्यों ज़रूरी है? क्या विज्ञान के तथ्यों को याद करने के लिए या फिर विश्लेषणात्मक सोच और विज्ञान साक्षरता के कौशल विकसित करने के लिए? विद्यार्थियों के लिए इन कौशलों को विकसित करना क्यों महत्त्वपूर्ण है? इन कौशलों को सीखने-समझने में हम विद्यार्थियों की मदद कैसे करें?

उस क्षण की याद मेरे मस्तिष्क पर एकदम स्पष्ट अंकित है। मैं उन विद्यार्थियों को 'जीवविज्ञान का परिचय' विषय पढ़ा रही थी जिनका प्रधान विषय विज्ञान नहीं था, तभी मैंने देखा कि मेरे वे विद्यार्थी पूरी तरह से सपाट लग रहे थे। उसी क्षण मैंने महसूस किया कि मैं जो उन्हें पढ़ा रही हूँ, इम्तिहान होते ही वे उसे इस्तेमाल करना तो दूर, भुला देने वाले हैं। और-तो-और, विज्ञान को लेकर उनके डर और उनकी चिन्ताएँ उन्हें लगातार सताती रहेंगी। मैंने उनके विज्ञान-साक्षरता और विश्लेषणात्मक सोच के बल पर होने वाले सशक्तिकरण को अर्जित करने के एक अवसर को नष्ट कर दिया था। इस एहसास ने मुझे बुरी तरह झकझोर दिया।

एक दशक से भी ज़्यादा समय से मैं इस विषय को पढ़ा रही थी। और उत्सुक थी अपने विद्यार्थियों को यह समझाने के लिए कि विज्ञान एक अद्भुत विषय है, जो उनकी जीवन-गुणवत्ता बढ़ाता है और आज के युग में विज्ञान की समझ बहुत ज़रूरी है। आख़िरकार, जीवविज्ञान जीवन का अध्ययन है और विज्ञान ज्ञानार्जन के सबसे विश्वसनीय तरीक़ों में से एक है। मुझे लगा मेरी दलील बड़ी मज़बूत है। लेकिन, बहुत कम विद्यार्थी ही मेरी इस सोच से सहमत दिखे। मैं यह तो नहीं ही कहूँगी कि वे विज्ञान से नफ़रत करते थे, पर विज्ञान भीरू तो वे निश्चित ही थे। आमतौर पर, उनकी शिकायत होती कि जब उन्होंने मुख्यतः व्यवसाय/प्रबन्धन, साहित्य या कला में पढ़ाई करने का इरादा कर ही लिया है तो उन पर विज्ञान की कक्षाओं में बैठने का बन्धन नहीं होना चाहिए। उनके लिए अपना समय (और पैसा) कोशिका झिल्लियों की संरचना या उद्विकास सीखने में ख़र्च करना क्यों ज़रूरी है? और सच कहूँ तो, उनकी बात मुझे समझ भी आती है। ये विषय चाहे मुझे जितने भी दिलचस्प और पढ़ने-योग्य क्यों न लगते हों, इतना तो मैं जान ही गई हूँ कि असल में विद्यार्थी यही सीख रहे थे कि उस जानकारी को किस तरह रट लिया जाए कि परीक्षा में उसे बस उगला जा सके। तो मैं सोच में पड़ गई कि ऐसा क्यों है कि लगभग सभी विद्यार्थियों को विज्ञान पढ़ना ज़रूरी है, भले ही उन्होंने मुख्य विषय के रूप में कोई भी विषय चुना हो? ऐसे

में जो स्पष्ट उत्तर समझ आया वह यह कि विश्लेषणात्मक सोच व विज्ञान-साक्षरता पोषित करने के लिए। पर इसके मायने क्या?

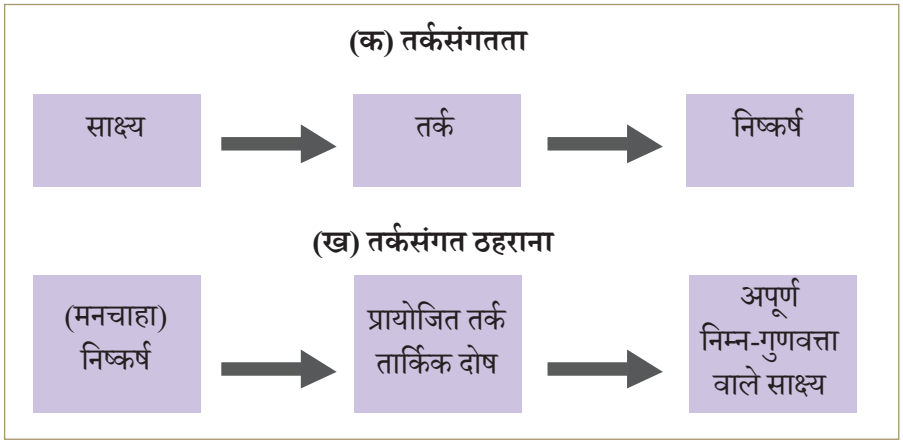
विश्लेषणात्मक सोच और विज्ञान-साक्षरता

संयोग से कार्ल सेगन का यह उद्धरण मेरे हाथ लगा, *"यदि हम सिर्फ़ विज्ञान के निष्कर्ष और उत्पाद ही पढ़ाएँ— फिर चाहे वे कितने भी उपयोगी और प्रेरक क्यों न हों — और विज्ञान की महत्त्वपूर्ण पद्धति के बारे में कुछ भी न कहें, ऐसे में औसत व्यक्ति असल विज्ञान और छद्म विज्ञान के बीच भला अन्तर कैसे कर सकता है?"* सेगन सही थे। विज्ञान केवल याद रखे जाने वाले तथ्यों के पिटारे से कहीं अधिक है। यह एक प्रक्रिया है। यह व्याख्याओं के परीक्षण और प्रमाणों की विश्लेषणात्मक जाँच-परख के द्वारा सत्य के क़रीब जाने की एक प्रक्रिया है जिसमें हम दुनिया को जानने-समझने की कोशिश करते हैं। इसका सम्बन्ध सिर्फ़ हम **क्या** जानते हैं से ही नहीं होता, बल्कि हम **कैसे** जानते हैं, से होता है। मूलतः विज्ञान अच्छा चिन्तन है।

एक ओर जहाँ, कमोबेश सारे शिक्षाविद यह कहते हैं कि विश्लेषणात्मक चिन्तन और विज्ञान साक्षरता महत्त्वपूर्ण हैं, कई विद्यार्थी इन दो में से किसी एक में भी बिना किसी सुधार के परीक्षा में उत्तीर्ण हो जाते हैं। इसका एक अत्यन्त सम्भावित कारण यह है कि केवल चन्द अध्यापकों ने इन दो में से किसी एक ही कौशल में कोई औपचारिक प्रशिक्षण पाया था या वे उन्हें परिभाषित कर सकते हैं। तो, विश्लेषणात्मक सोच भला क्या बला है? वैसे तो कई परिभाषाएँ हैं, पर विश्लेषणात्मक सोच मूलतः "वह तर्कसंगत, विचारशील सोच है जो यह तय करने पर केन्द्रित होती है कि किस पर यक़ीन करें और क्या करें।" और विज्ञान साक्षरता से आशय तथ्यों को रटने से कहीं ज़्यादा होता है। वैज्ञानिक साक्षर लोग विज्ञान सम्मत तर्क समझते हैं और उसके आधार पर उपलब्ध साक्ष्यों से तर्कसंगत निष्कर्ष निकाल पाते हैं। वे परिकल्पनाओं/सिद्धान्तों, तर्कों, निष्कर्षों और अपने विश्वासों का मूल्यांकन कर पाते हैं। वे संज्ञानात्मक पूर्वाग्रहों व तार्किक भ्रान्तियों से अवगत होते हैं जो साक्ष्यों का आकलन करने तथा यथातथ्य निष्कर्ष निकालने की हमारी क्षमता को प्रभावित कर सकते हैं। ये दोनों कौशल, विद्यार्थियों की आज की और भविष्य की दुनिया का संचालन करने में लिए आवश्यक हैं। बेहतर निर्णय लेने हेतु ये विद्यार्थियों को समर्थ बना सकते हैं और आज समाज में अत्यन्त प्रचलित दुष्प्रचार व कुप्रचार के विरुद्ध उनके मानस/ विवेक की रक्षा कर सकते हैं।

अच्छी ख़बर यह है कि सिद्धान्तः विश्लेषणात्मक सोच व विज्ञान साक्षरता पढ़ाने के लिहाज़ से विज्ञान के विषय सबसे बढ़िया माध्यम होते हैं। बुरी ख़बर यह है कि अधिकांश विज्ञान पाठ्यक्रमों का ज़ोर कौशल विकसित करने की बजाय तथ्यों को याद कराने पर ज़्यादा होता है। लेकिन तथ्य भुला दिए जाते हैं और आसानी से उपलब्ध होते हैं। इसके अलावा, कक्षा में पढ़ाए जाने वाले अनेक तथ्यों के बदल जाने की सम्भावनाएँ प्रबल होती हैं। अन्ततः, विज्ञान पुरानी पड़ चुकीं अवधारणाओं की निंदाई करने, निराने तथा नई अवधारणाओं/विचारों को रोपने की एक अन्तहीन प्रक्रिया है।

मुझे कोई हिचक नहीं यह स्वीकार करने में कि मैं ख़ुद समस्या का हिस्सा हूँ। कई अन्य विज्ञान शिक्षकों की तरह मैंने भी यह मान लिया था कि चूँकि विश्लेषणात्मक सोच वैज्ञानिक तथ्यान्वेषण का मर्म है, अपनी कक्षाओं में मैं यही पढ़ा रही थी। और निःसन्देह मैं तथ्य पढ़ाते हुए यह मानकर चल रही थी कि मैं विज्ञान साक्षरता बढ़ा रही हूँ। सच में मुझे यह समझ ही नहीं आया कि मैं कितनी ग़लत थी। वैश्विक महामारी ने वैज्ञानिक पड़ताल की प्रकृति को समझने और विज्ञान के सामाजिक महत्त्व को रेखांकित कर दिया है।[1] ऐसे में मैं सोचती हूँ कि जिन विद्यार्थियों ने इतने साल पहले मुझसे 'प्रारम्भिक जीवविज्ञान' विषय पढ़ा था, वे इस महामारी को कैसे समझ पाए होंगे और क्या मेरे द्वारा उन्हें पढ़ाए गए तथ्यों के बूते वे कोरोना वायरसों, एमआरएनए वैक्सीनों या हाइड्रोक्लोरोक्विन आदि को समझ पाए होंगे! दुनिया बदल गई। ज्ञान बदल गया। मेरे विद्यार्थियों को भविष्योन्मुखी कौशलों की ज़रूरत थी और इसमें मैं विफल रही। अगर हम विद्यार्थियों को विज्ञान की प्रक्रिया नहीं



चित्र-1: तर्कसंगत होना और तर्कसंगत ठहराने में अन्तर। **(क)** तर्कसंगतता यानी साक्ष्य से चलकर उसके तार्किक निष्कर्ष तक पहुँचना। **(ख)** तर्कसंगत ठहराने का मतलब किसी प्रायोजित निष्कर्ष तक पहुँचने के हिसाब से साक्ष्य चुनना।
Credits: Melanie Trecek-King, Thinking is Power. License: CC-BY-NC.

पढ़ाएँगे तो विश्वसनीय और अविश्वसनीय दावों के बीच वे अन्तर कैसे कर पाएँगे? और क्या यही विज्ञान शिक्षा का मर्म नहीं है?

केन्द्र बदल रहा है

मैंने अपने संस्थान को जीवविज्ञान के प्रारम्भिक स्तर का वह पाठ्यक्रम बदलने को राज़ी किया, जो मैं पढ़ा रही थी। और उसकी जगह 'जीवन विज्ञान' नामक एक नया पाठ्यक्रम शुरू करवाया जो विज्ञान के निष्कर्षों पर कम और लगभग अनन्य रूप से विश्लेषणात्मक सोच और विज्ञान साक्षरता पर ज़्यादा ध्यान केन्द्रित करता है।[2] इस पाठ्यक्रम का एक मुख्य लक्ष्य प्रस्तुत दावों के प्रमाणों का मूल्यांकन करना है जिससे यह निर्धारित हो सके कि हम कुछ कैसे जानते हैं। दूसरा लक्ष्य है बुरे विज्ञान, छद्म विज्ञान और विज्ञान के खण्डन का मूल्यांकन करके अच्छे विज्ञान की विशेषताओं को पहचानना। सम्पूर्ण पाठ्यक्रम बेहतर जीवन जीने में मदद करने के लिहाज़ से विद्यार्थियों को बेहतर निर्णय लेने हेतु सशक्त बनाने पर एकाग्र है।

वैज्ञानिक पद्धति से शुरू होने वाले अधिकांश विज्ञान पाठ्यक्रमों के विपरीत, मैं अपनी कक्षा चुड़ैलों से शुरू करती हूँ। सदियों पहले, जादू टोने का आरोप लगाया जाना और यातना के द्वारा 'अपराध स्वीकार करवाना' किसी व्यक्ति (आमतौर पर एक महिला) को दोषी ठहराने और मृत्यु दण्ड देने के हिसाब से पर्याप्त सबूत माने जाते थे। आज अधिकांश विद्यार्थी यह नहीं मानते कि बीमारियाँ और तूफ़ान चुड़ैलों के जादू-टोने के कारण होते हैं, वे कथित सबूतों की अधिक सन्देहपूर्वक जाँच करने और यह पता लगाने में सक्षम होते हैं कि उस समय के लोगों की ऐसी दृढ़ मान्यताएँ क्यों हुआ करती थीं। ऐसा करके, वे यह जान जाते हैं कि एक ओर जहाँ हम यह मानना पसन्द करते हैं कि हमारी मान्यताएँ तर्कसंगत रूप से साक्ष्यों पर आधारित हैं, लेकिन अमूमन हम अपने विश्वास (जैसे कि एक महिला का चुड़ैल होना) तर्कहीन तरीक़ों से बनाते हैं और उनका औचित्य ढूँढ़ने के लिए के लिए हम अतीत में सबूत ढूँढ़ते हैं (**चित्र-1** देखें)।

हमारा यह विमर्श स्वाभाविक रूप से ज्ञानमीमांसीय प्रश्नों की ओर ले जाता है, मसलन हम कैसे जानते हैं कि हम क्या जानते हैं और हमारा जानना, हमारे विश्वास से कैसे अलग होता है। रिचर्ड फ़ाइनमैन का यह कहना सुविदित है, "पहला सिद्धान्त यह है कि आप ख़ुद को बेवकूफ़ न बनाएँ और अपने आपको मूर्ख बनाना सबसे आसान है।" दुखद बात यह है कि हममें से अधिकांश सोचते हैं कि हम तो मूर्ख बनने से रहे! अपने विद्यार्थियों को यह दिखाने के लिए कि वे लोग मूर्ख बनाए जा सकते हैं, मैं उन्हें ज्योतिष-आधारित 'व्यक्तित्व आकलन' देती हूँ, जिन्हें लगभग सारे विद्यार्थी बहुत सटीक बताते हैं। जब उन्हें पता चलता है कि सभी को एक जैसा आकलन मिला था तभी उन्हें महसूस होता है कि वे छले गए हैं। मेरे माफ़ी माँगने और यह समझाने के बाद ही कि क्यों मैंने उनसे झूठ बोला, वे संशयवाद जैसे कौशल सीखने को तैयार होते हैं जो उन्हें मूर्ख बनने से बचा सकते हैं। हालाँकि अनेक विद्यार्थी संशयवाद को निन्दावाद या नकारवाद समझ लेते हैं, लेकिन सही संशयवाद तो बस साक्ष्य के हिसाब से मान्यताओं को तौलता है और इसीलिए वह विज्ञान की मूलभूत विशिष्टता होता है।

दावों का मूल्यांकन करने के लिहाज़ से विद्यार्थियों को आवश्यक कौशल से लैस करने हेतु मैं उन्हें एक टूलकिट प्रदान करती हूँ, जिसे संक्षिप्त में FLOATER कहते है।[3] FLOATER में निहित सिद्धान्त— Falsifiability असत्यापित किए जा सकने की गुंजाइश; Logic तर्क; Objectivity वस्तुनिष्ठता; Alternative explanations वैकल्पिक व्याख्याएँ, Tentative conclusions सम्भावित निष्कर्ष; Evidence साक्ष्य ; तथा Replicability पुनः वैसा कर पाना— विश्लेषणात्मक सोच व विज्ञान-प्रक्रिया का सार अपने में समाए रहते हैं। बारम्बार अभ्यास के द्वारा विद्यार्थी दावों का मूल्यांकन करने के हिसाब से तर्कशीलता का उपयोग करना सीखते हैं क्यों कि छद्म वैज्ञानिक व अविश्वसनीय दावे FLOATER के कम-से-कम किसी एक नियम पर तो विफल हो ही जाते हैं।

अगला सबक़ इस पाठ्यक्रम का एक बहुत महत्त्वपूर्ण सबक़ है — अनुभूति एवं स्मृति की सीमाएँ। अनेक लोगों के लिए, व्यक्तिगत अनुभव किसी चीज़ को 'जानने' का सबसे अच्छा तरीक़ा होता है। फिर चाहे अपने द्वारा 'देखे जाने' पर यूएफओ में विश्वास करना हो या फिर उन पर 'काम' कर गई होमियोपैथी के प्रभावी होने पर विश्वास हो। हम अक्सर यह पहचानने में विफल रहते हैं कि हमारी अनुभूति व्यक्तिपरक और अत्यधिक पक्षपाती है और यह भी कि हमारी स्मृति त्रुटिपूर्ण और अविश्वसनीय होती है। इसे समझना हमारे लिए यह जानने के लिए ज़रूरी है कि व्यक्तिगत अनुभवों सहित क़िस्से व उपाख्यान अविश्वसनीय प्रमाण क्यों होते हैं।

इसके बाद हम मेटाकॉग्निशन पर आएँगे या चिन्तन के बारे में विचार करेंगे। अब चूँकि हमारे मस्तिष्कों को बहुत सारी जानकारियों से गुत्थम-गुत्था होना पड़ता है और वे आलसी होते हैं इसलिए उनका ज़्यादातर काम स्वचलित (ऑटोपाइलट) सम्पन्न होता है। मानसिक शॉर्ट-कट्स (अनुमान/स्वशिक्षा) का प्रयोग करने वाली यह तेज़, सहज सोच त्रुटियों (या संज्ञानात्मक पूर्वाग्रहों) को जन्म दे सकती है। ये त्रुटियाँ हमारी सोच को वास्तविकता से भटका देती हैं। अन्तिम लक्ष्य तो विद्यार्थियों को उनकी सोचने की प्रक्रिया के प्रति सचेत करना तथा उनके जानने की सीमाओं से उनकी पहचान कराना है ताकि वे बेहतर ढंग से सोचें।

उनकी सोच कितनी दोषपूर्ण हो सकती है, विद्यार्थियों द्वारा इस तथ्य की बेहतर समझ और संशयवाद का महत्त्व जानने के

बॉक्स-1 : कुछ विद्यार्थियों की प्रशस्तियाँ

प्रशस्ति-1 : "हमारी स्मृतियों को कुछ ऐसे सरल सुझावों के द्वारा कैसे बदला जा सकता है जिनके बारे में हम सोचते तक नहीं। मेरे लिए मेरी एक स्मृति हमेशा एक तथ्य थी, गोया फिर से चलाई जा सकने वाली कोई रिकॉर्डिंग। लेकिन अब मैं समझा कि मैं कितना ग़लत था। एक पुलिस अधिकारी के बतौर मेरे पेशे में इसे जानना और उपयोग में लाना और भी महत्त्वपूर्ण है।"

प्रशस्ति-2 : "इस पाठ्यक्रम के दौरान, मैं यह समझ पाया हूँ कि हमारे समाज की अधिकांश समस्याएँ केवल इसलिए हैं कि हम पर हमारी उँगलियों पर मौजूद जानकारियों की बमबारी लगातार होती रहती है, जो दसों दिशाओं से हमें धकियाती रहती है; सब-की-सब सहर्ष ही हमारे विश्वासों की पुष्टि करती हैं न कि तथ्यों को मुहैया कराती हैं। अगर लोगों को पता हो कि ठीक से संशयी कैसे बना जा सकता है और स्रोतों की विश्वसनीयता की वास्तविक पड़ताल कैसे की जाती है तथा तथ्यात्मक जानकारी कैसे जुटाई जाती है, तो हमारी दुनिया एक बहुत अलग दुनिया होगी।"

प्रशस्ति-3 : "मेरे अधिकांश जीवन में, मैं यही मानता रहा कि संशयवाद का आशय जीवन को लेकर नकारात्मक होना है। पर अब मैं समझ गया हूँ कि वास्तव में यह एक महत्त्वपूर्ण उपकरण है जिसका उपयोग हम सभी को अपने दैनिक जीवन में कोई भी जानकारी लेते समय करना चाहिए। सबसे मूल्यवान चीज़ जो मैंने सीखी है वह यह कि दैनिक जीवन में अधिकांश लोग साक्ष्य को बहुत कम आँकते हैं और उसकी अनदेखी करते हैं।"

प्रशस्ति-4 : "इस पाठ्यक्रम में सब कुछ उत्कृष्ट था! मैं पहले से ही एक अन्य विश्वविद्यालय से अन्तरिक्ष अध्ययन स्नातक हूँ और मुझे लगा कि वैज्ञानिक प्रक्रिया का मुझे अच्छा-ख़ासा ज्ञान है। लेकिन इस कक्षा ने वास्तव में दिखा दिया कि वैज्ञानिक प्रक्रिया के बारे में मेरा ज्ञान कितना कम था और उपलब्ध साक्ष्य को लेकर संशयी होने के साथ-साथ विश्लेषणात्मक ढंग से कैसे सोचा जा सकता है। मैं देश के सभी विषय की स्नातक की पढ़ाई में इस पाठ्यक्रम को अनिवार्य करने की अत्यधिक अनुशंसा करता हूँ।"

बाद हम जानकारी साक्षरता पर आते हैं। जानकारी हमारे सोचने व निर्णय प्रक्रिया को प्रभावित करती है। लेकिन विश्वसनीय और अविश्वसनीय जानकारी के बीच भेद करना मुश्किल हो सकता है। दरअसल, जानकारी या सूचना यदि उस बात की पुष्टि करती है जिसे हम पहले से ही सही मानते आए हैं या वह जानकारी हमारे अन्दर प्रबल भावनाएँ जगाती है, तब दुष्प्रचार या उस ग़लत जानकारी का शिकार हो जाने की हमारी सम्भावनाएँ बढ़ जाती हैं।

अच्छी बात है कि पाठ्यक्रम में अब तक शामिल अवधारणाएँ ऑनलाइन स्रोतों व दावों का सन्देहपूर्ण आकलन करने हेतु विद्यार्थियों को पृष्ठभूमि ज्ञान से लैस करती हैं। विज्ञान की प्रक्रिया में समकक्ष समीक्षा के महत्त्व को समझने में भी यह ज्ञान विद्यार्थियों की मदद करता है। एक ओर जहाँ, कई विज्ञान पाठ्यक्रम विद्यार्थियों को प्राथमिक साहित्य पढ़ना सिखाते हैं, वहीं मुझे नहीं लगता कि यह सहायक या आवश्यक है। देखा जाए तो, ख़ासतौर पर किसी ऐसे व्यक्ति से, जिसने विज्ञान में केवल कुछ बुनियादी पाठ्यक्रम लिए हैं, अपने दैनिक जीवन में निर्णय लेने के लिहाज़ से पेशेवर पत्रिकाओं में प्रकाशित तकनीकी शब्दजाल से भरपूर लेखों पर भरोसा करने की अपेक्षा करना अव्यावहारिक भी हो सकता है। इसकी बजाय, यह महत्त्वपूर्ण है कि विद्यार्थी अपने ज्ञान की सीमाओं को पहचानें और अधिक व्यापक रूप से, जानकारी के अच्छे उपभोक्ता बनना सीखें।

मेरे द्वारा विज्ञान की प्रक्रिया का उनसे परिचय कराते समय तक विद्यार्थी यह समझ चुके होते हैं कि विज्ञान क्यों विश्वसनीय और आवश्यक है। बात दोहराऊँ तो विज्ञान सही चिन्तन का तरीक़ा है। हम सब पूर्वाग्रहों से ग्रस्त और तर्कहीन होते हैं; और विज्ञान, मूलतः जानने का एक तरीक़ा ही है - एक ऐसा तरीक़ा जो हमारे पूर्वाग्रहों को पहचानता है और उन्हें सही करता है। नई दवाओं के परीक्षण के दौरान किए जाने वाले डबलब्लाइंड यादृच्छिक, नियंत्रित परीक्षणों पर विचार करें। इन अध्ययनों का हर पहलू जैसे कि यह पता न होना कि किसको वास्तव में नई दवा दी गई है, प्लेसिबो का प्रयोग और रैंडम चयन को संज्ञानात्मक पूर्वाग्रहों के लिहाज़ से सही करने के लिए डिज़ाइन किया गया है जिससे अन्ततः यह तय होता है कि दवा वास्तव में काम करती है या नहीं। इस तरह, विज्ञान के प्रमाणीकरण के द्वारा वैज्ञानिक प्रक्रिया की तार्किकता स्थापित होती है।

वैज्ञानिक पद्धति की बात करें तो ऐसी कोई एक पद्धति नहीं है और जब हम इसे इस तरह पढ़ाते हैं तो हम अपने विद्यार्थियों का नुक़सान ही कर रहे होते हैं। एक ओर जहाँ, ज़्यादातर पाठ्यपुस्तकें अवलोकनों से लेकर परिकल्पना समेत प्रयोगों तक एक रेसिपी सरीखे नुस्ख़े से शुरू होती हैं, पर अधिकांश विज्ञान इस तरह फॉर्मूलाबद्ध नहीं चलता। विज्ञान विशेषज्ञों का एक ऐसा समुदाय होता है जो विभिन्न तरीक़ों द्वारा प्रमाण जुटाता व दावों की छानबीन करता है। विज्ञान करने के अन्तहीन तरीक़े होते हैं। मिसाल के लिए, विज्ञान के हर प्रयोग में (तुलना के लिए) नियंत्रित प्रयोग (कंट्रोल परिस्थिति) नहीं रखा

जाता है। अवलोकनात्मक विज्ञान जैसे खोज विज्ञान, ऐतिहासिक विज्ञान और महामारी विज्ञान 'वास्तविक दुनिया' से आँकड़े जुटाते हैं। उल्लेखनीय है कि विभिन्न प्रकार के अध्ययन विभिन्न प्रकार व विभिन्न गुणवत्ताओं वाले साक्ष्य उपलब्ध करवाते हैं। विज्ञान की प्रकृति की मूलतः साक्ष्य-आधारित एक वृहत्तर समझ, विद्यार्थियों को किसी विशेष दावे के साक्ष्य का मूल्यांकन करने के लिए तैयार करती है।

पाठ्यक्रम के दौरान, मैं विद्यार्थियों के लिहाज़ से वास्तविक दुनिया के कुछ प्रासंगिक मुद्दों की छानबीन करने के लिए व्याख्यान, प्रश्नोत्तरी केस स्टडीज़ और असाइनमेंट्स का उपयोग करते हुए दावों का मूल्यांकन करने के अवसर उन्हें प्रदान करती हूँ। विषय होते हैं - भूत-प्रेत, अतीन्द्रियसंवेदी, फ़र्ज़ी ख़बरें, परहेज़ी आहार, क्रिस्टल से उपचार, षड्यंत्रकारी धारणाएँ, बिगफुट नाम का वानर जैसा एक तथाकथित प्राणी, एमएमआर वैक्सीन और स्वलीनता (autism) 'विवाद', होमियोपैथी, ज्योतिष और जलवायु परिवर्तन से इनकार।

अब चूँकि कई विद्यार्थी छद्म विज्ञान के विभिन्न रूपों में विश्वास करते हैं, पाठ्यक्रम में इसे शामिल करने से उनका जुड़ाव बढ़ता है और उन्हें अपने दैनिक जीवन में छद्म विज्ञान को पहचानने का तरीक़ा सिखाता है। उल्लेखनीय रूप से ये मुद्दे विद्यार्थियों को यह समझने में मदद करते हैं कि विश्लेषणात्मक ढंग से सोचना महत्त्वपूर्ण होता है क्योंकि मूर्ख बनने से उनका वास्तव में नुक़सान हो सकता है (**बॉक्स-1** देखें)।

अन्ततः, झूठी ख़बर के सन्दर्भ में कई गतिविधियाँ विसंक्रमण सिद्धान्त (जो वैक्सीन के काम करने के तरीक़े के समान ही होता है) पर आधारित होती हैं। मूलतः झूठी जानकारी से थोड़ा-बहुत वास्ता, असल नुक़सान के विरुद्ध प्रतिरोधक क्षमता बनाने में मदद कर सकता है। कुछ गतिविधियों में, विद्यार्थी ग़लत सूचना बनाने के लिए हास्य का उपयोग करते हैं, जैसे कि एक छद्म वैज्ञानिक, वैकल्पिक चिकित्सा उत्पाद का एक विज्ञापन और उस पर चर्चा जिसमें वे भ्रान्तियों का उपयोग करते हुए अपने-अपने तर्क देते हैं कि उन्हें अनुत्तीर्ण क्यों नहीं होना चाहिए।

चलते-चलते

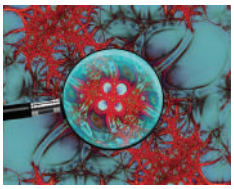
विश्लेषणात्मक ढंग से सोचने व विज्ञान साक्षर होने की क्षमता इससे अधिक महत्त्वपूर्ण पहले कभी नहीं रही। अपने विद्यार्थियों (और समाज) को जिज्ञासु, संशयी और विनम्र होना हमें सिखाना ही होगा। ख़ासतौर से उन विद्यार्थियों के लिए जो केवल कुछ वर्षों के लिए ही विज्ञान पाठ्यक्रम पढ़ने वाले हैं। ये पाठ्यक्रम अमूमन अपने विद्यार्थियों को जागरूक नागरिक बनाने के लिहाज़ से ज़रूरी विश्लेषणात्मक सोच व विज्ञान साक्षरता जैसे कौशल सिखाने का हमारा आख़िरी मौक़ा होते हैं।

इन कौशलों को पढ़ाना-सिखाना सम्भव है, लेकिन ये केवल पाठ्यक्रम का एक घटक मात्र ही नहीं होने चाहिए; इन्हें पाठ्यक्रम होना चाहिए। विद्यार्थियों को क्या सोचना है यह सिखाने की बजाय, अच्छी विज्ञान शिक्षा उन्हें सिखाती है कि कैसे सोचना है।

विषयवस्तु की बजाय प्रक्रिया पर ज़ोर देकर ही, विद्यार्थी बेहतर सोच के लिए आवश्यक कौशल प्राप्त करते हैं और इस प्रकार बेहतर निर्णय लेने के काबिल बनते हैं। इस प्रकार की शिक्षा का आधार बौद्धिक सशक्तिकरण है। मैं हर कक्षा के अन्त में विद्यार्थियों से कहती हूँ,

"चिन्तन एक शक्ति है। इसलिए साक्ष्य माँगें और विश्लेषणात्मक ढंग से सोचें!"

मुख्य बिन्दु



- विज्ञान सही चिन्तन का तरीक़ा है। अच्छा विज्ञान शिक्षण क्या सोचें की बजाय कैसे सोचें पर ध्यान देता है।
- विश्लेषणात्मक सोच और विज्ञान साक्षरता विकसित करने में विद्यार्थियों की मदद करना उन्हें परिकल्पनाओं, तर्कों, निष्कर्षों और उनके अपने विश्वासों का मूल्यांकन करने के काबिल बनाता है।
- अपने-अपने परिवेश से दो-चार होने और बेहतर निर्णय लेने के लिहाज़ से विद्यार्थियों के लिए ये दोनों कौशल अर्जित करना बहुत ज़रूरी है।
- इन कौशलों को सिखाने को समर्पित पाठ्यक्रम वैज्ञानिक तथ्यों और अविश्वसनीय तथ्यों के बीच फ़र्क़ कर सकने हेतु विद्यार्थियों को सक्षम बना सकता है चाहे ज्ञान की प्रकृति और तथ्य बदले और नए तथ्य उभरें।
- तथ्यों की बजाय कौशल सिखाने-पढ़ाने से विज्ञान ज़्यादा सार्थक और उपयोगी होता है, उन विद्यार्थियों के लिए भी जो आगे चलकर विज्ञान को अपनी आजीविका का साधन बनाना नहीं चाहते।

आभार : मेथ्यू पी. राव को प्रतिक्रिया और मार्गदर्शन के लिए विशेष धन्यवाद।

Notes:

1. This article was first published in Thinking is Power and is available here: https://thinkingispower.com/from-non-majors-biology-to-critical-thinking-an-educators-journey/. An updated version was published in Skeptical Inquirer and is available here: *https://skepticalinquirer.org/2021/12/teach-skills-not-facts/.*
2. Source of the image used in the background of the article title: Network. Credits: geralt, Pixabay. URL: *https://pixabay.com/photos/annoy-network-magnifying-glass-3991596/. License: CC-BY-SA.*

References:

1. Harrison, Guy. 2021. How to repair the American mind: Solving America's cognitive crisis. Skeptical Inquirer 45(3): 31–34. *URL: https://skepticalinquirer.org/2021/04/how-to-repair-the-american-mind-solving-americas-cognitive-crisis/.*
2. Rowe M. P. *et al.* 2015. Redesigning a general education science course to promote critical thinking. CBE Life Sciences Education 14: 1–11. URL: *https://www.lifescied.org/doi/pdf/10.1187/cbe.15-02-0032.*
3. Lett, James. 1990. A field guide to critical thinking. Skeptical Inquirer 14(2): 153–160.

मेमलनी ट्रेचेक-किंग मैसाचुसेट्स के मेसासोइट कम्युनिटी कॉलेज में जीवविज्ञान की एसोसिएट प्रोफ़ेसर हैं। कॉलेज और हाई स्कूल कक्षाओं में पढ़ाने के 20 साल से भी ज़्यादा के अनुभव के चलते उन्हें ख़ासतौर पर उन विद्यार्थियों को पढ़ाने में मज़ा आता है जो 'बड़े' होकर वैज्ञानिक नहीं बनना चाहते। विज्ञान शिक्षा के प्रति उनके जुनून ने उन्हें *'थिंकिंग इज़ पॉवर'* रचने के लिए प्रेरित किया, जो आम लोगों व अन्य शिक्षकों को अपने पाठ्यक्रमों में अधिक विश्लेषणात्मक सोच सामग्री शामिल करने के लिहाज़ से सोच की रुचिकर जानकारी सुलभ कराती है।

उनके द्वारा लिखित सामग्री पढ़ने के लिए https://thinkingispower.com/पर जाएँ।

अनुवाद : मनोहर नोतानी **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

मानव प्रजनन शिक्षण

धन्या के.

विद्यार्थी और शिक्षक हाई स्कूल जीवविज्ञान की पाठ्यपुस्तक में 'मानव प्रजनन' के अध्याय को करते हुए झिझक महसूस करते हैं। हम इस समस्या से कैसे निपटें? क्या इस अध्याय को यथार्थवादी बातचीत से जोड़ना मुमकिन है? हम इसे ऐसे तरीक़े से कैसे करें जो विद्यार्थियों के लिए खुला और मददगार हो?

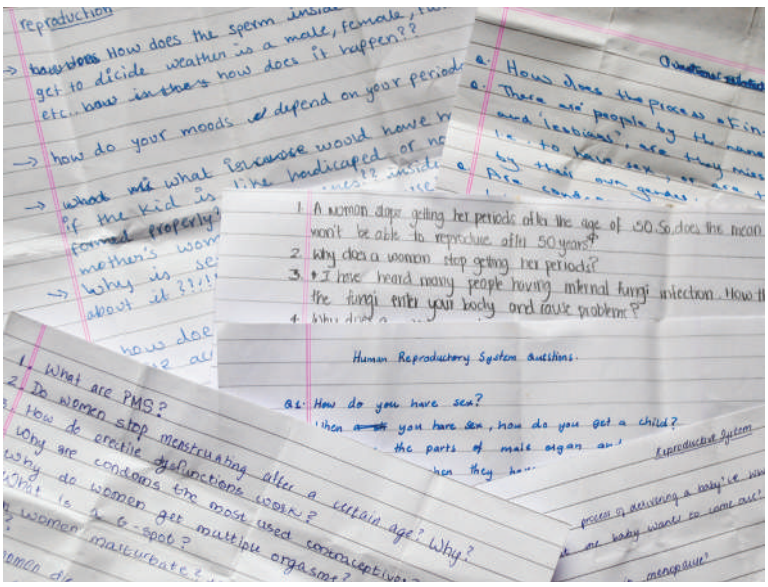
जैसे-जैसे हाई स्कूल के विद्यार्थी किशोरावस्था में क़दम रखते हैं, शरीर और सेक्स में उनकी रुचि बढ़ने लगती है। वे अपने शरीर के बारे में और अपने अन्दर हो रहे शारीरिक और भावनात्मक बदलाव के बारे में जानने को जिज्ञासु और उत्सुक हो जाते हैं। अधिकांश स्कूल पाठ्यक्रम विद्यार्थियों को सटीक जानकारी से लैस करने और उन्हें अपनी यौनिकता व यौन स्वास्थ्य के बारे में विचार करने, बारीक़ी से सोचने और अपने विचारों या सवालों को निडरता से सबके समक्ष रखने में सशक्त बनाने के महत्त्व को पहचानते हैं। लेकिन अधिकांश पाठ्यपुस्तकें जो बुनियादी जानकारी प्रदान करती हैं, वह न तो अधुनातन होती है और न ही उनमें समग्रता होती है। उदाहरण के लिए, उसमें स्खलन, लिंग के खड़े होने, प्रीमेंस्ट्रुअल सिंड्रोम (माहवारी से पूर्व के लक्षण) आदि के जीवविज्ञान के बारे में बात नहीं होती है। इंटरनेट कई विद्यार्थियों के लिए जानकारी का एक और आसान सुलभ स्रोत है। बदक़िस्मती से, हो सकता है कि वहाँ उपलब्ध सूचनाएँ अधूरी हों, पुरुष यौन अनुभव को ज़्यादा महत्त्व देती हों और सौन्दर्य व सम्भोग के अवास्तविक मानक निर्धारित कर दें। यह उनके यौन विकास और सेहत पर नकारात्मक प्रभाव डाल सकता है। आख़िर में, कई कारणों, जैसे व्यक्तिगत असुविधा, वैचारिक टकराव और शैक्षणिक बाधाओं से शिक्षकों को विद्यार्थियों से इस विषय पर खुली बातचीत करने के रास्ते तलाशने में मुश्किल हो सकती है।

हाई स्कूल विज्ञान पाठ्यक्रम में 'मानव प्रजनन' इकाई न सिर्फ़ इस प्रक्रिया के जीवविज्ञान पर चर्चा करने के लिए बल्कि सेक्स और प्रजनन से जुड़ी ज़रूरतों और मूल्यों पर अपने विचार प्रकट करने के मौक़े भी दे सकती है। यह लेख एक मॉड्यूल का वर्णन करता है जिसे मैंने मानव शरीर, युवावस्था के दौरान शारीरिक और व्यवहारगत परिवर्तनों और सम्भोग के विज्ञान के बारे में जागरूकता को बढ़ावा देने के लिए डिज़ाइन किया है। इसके अलावा, इसका उद्देश्य विद्यार्थियों को शरीर और सेक्स की अपनी समझ को सहजता से व्यक्त करने के लिए प्रोत्साहित करना भी था यानी बातचीत को सामान्य बनाना और इनसे जुड़े सही-ग़लत के फ़ैसले सुनाने, शर्म व रूढ़ छवियों के चक्र को तोड़ना। एक शिक्षक-विद्यार्थी समूह के रूप में, हमने सामाजिक मानदण्डों, सुन्दरता और रिश्तों के बारे में हमारे विचारों और मीडिया के प्रभाव पर सवाल उठाए हैं। हम अपनी अज्ञानता के बारे में भी खुले रहे हैं।

मैंने एक निजी आवासीय अँग्रेज़ी माध्यम स्कूल के कक्षा-9 के विद्यार्थियों के लगातार चार शैक्षणिक सत्रों में इस मॉड्यूल को आज़माया है। प्रत्येक सत्र में अलग-अलग जेंडर के 50-50 विद्यार्थी थे, जिन्हें दो सेक्शन में विभाजित किया गया था। हरेक बैच को ये मॉड्यूल पूरा करने के लिए 12 घण्टे दिए गए थे। यह लेख सभी चार सत्रों के विद्यार्थियों के सामान्य दृष्टिकोण और टिप्पणियों का सार प्रस्तुत करता है।

आइसब्रेकर यानी संवादहीनता को तोड़ना

आइसब्रेकर के बतौर या इस विषय पर चर्चा की शुरुआत करने के लिए मैं एक आसान तरीक़ा अपनाती हूँ। मैं ब्लैकबोर्ड पर मोटे-मोटे अक्षरों में 'मानव प्रजनन' लिख देती हूँ और विद्यार्थियों को काग़ज़ की ख़ाली शीट दे देती हूँ और कहती हूँ कि, *"मानव प्रजनन विषय को लेकर अपने कोई भी सवाल लिखें। सवालों के साथ अपना नाम देना ज़रूरी नहीं है। मैं*



चित्र-1 : आइसब्रेकर सवाल के लिए विद्यार्थियों से आई प्रतिक्रियाओं का एक कोलाज।
Credits: Dhanya K. License: CC-BY-NC.

बॉक्स-1: विद्यार्थियों से आए सवालों के नमूने

यह 2016 से 2020 के बीच विद्यार्थियों से इकट्ठे किए गए सवालों का एक नमूना है। इनमें से कुछ सवाल, उनकी प्रतिक्रियाओं के साथ, सवालीराम वेबसाइट (https://sawaliram.org/search) पर उपलब्ध हैं।

- माहवारी तकलीफ़देह क्यों होती है?
- माहवारी को टैबू (वर्जित विषय) क्यों माना जाता है? दुकानें सेनेटरी नैपकिन के पैकेट को अख़बारों में क्यों लपेटती हैं या उन्हें काली पॉलीथीन में पैक क्यों करती हैं?
- कपड़ों के पैड या सेनेटरी नैपकिन आने से पहले महिलाएँ माहवारी के वक़्त क्या तरीक़ा अपनाती थीं?
- क्या गर्भावस्था के अलावा भी माहवारी न आने के अन्य कारण हो सकते हैं?
- कुछ को माहवारी 10 साल की उम्र में और कुछ को बाद की उम्र में क्यों शुरू होती है?
- महिलाओं में माहवारी 10-12 वर्ष की उम्र में शुरू क्यों होती है, जबकि आमतौर पर बच्चों को जन्म वे 20 की हो जाने के बाद ही देती हैं?
- महिलाओं के शरीर के अंगों को अपमानजनक शब्द क्यों माना जाता है?
- क्या लड़कियाँ बड़े लिंग (शिश्न) की ओर आकर्षित होती हैं?
- किशोरावस्था (प्यूबर्टी) के दौरान लड़कों की लम्बाई क्यों बढ़ती है और लड़कियों की क्यों नहीं?
- क्या पुरुषों में भी रजोनिवृत्ति (मेनोपॉज़) होती है और वे प्रजनन करने की क्षमता खो देते हैं?
- भारतीय टीवी सिर्फ़ महिलाओं के अंडरगारमेंट (जैसे ब्रा) को क्यों धुँधला करता है, पुरुषों के नहीं?
- क्या पहली बार सेक्स करने पर दर्द (तकलीफ़) होता है?
- लोगों को सेक्स की लत क्यों लग जाती है?
- कंडोम का निपटान कैसे करें?
- यदि कोई पुरुष और महिला असुरक्षित यौन सम्बन्ध बनाते हैं, तो क्या यह ज़रूरी है कि इसके परिणामस्वरूप निषेचन होगा?
- क्या मॉर्निंग-आफ्टर गोलियाँ (सम्भोग के अगले दिन ली जाने वाली गर्भनिरोधक गोलियाँ) हानिकारक हैं?
- प्रसव के दौरान क्या होता है?
- सी-सेक्शन क्या है?
- लोग हस्तमैथुन क्यों करते हैं और इसे वर्जित क्यों माना जाता है?
- हस्तमैथुन करने पर लोगों को क्या ख़ुशी मिलती है?
- लोग पोर्नोग्राफ़ी क्यों देखते हैं? वह क्या है जो उन्हें यह देखने के लिए मजबूर करता है?
- मनुष्य यौन आकर्षण या चाहत क्यों दिखाते हैं?
- शरीर भावनाओं और मूड स्विंग को कैसे नियंत्रित करता है?
- अन्य जीव अपना जेंडर कैसे बदलते हैं?

आपके हरेक सवाल को पढ़ूँगी। अगर मुझे जवाब पता है, तो आपको बताऊँगी। अगर मुझे जवाब नहीं पता है, तो हम एक साथ मिलकर तलाशने की कोशिश करेंगे।"

लगभग 5-10 मिनट के बाद, मैं उन्हें और प्रोत्साहित करती हूँ, *"आप जानते हैं कि यह किसी भी तरह के सवाल पूछने का एक शानदार मौक़ा हो सकता है, सवाल बड़े होने, सेक्स, पोर्नोग्राफ़ी, जेंडर, गर्भावस्था, हस्तमैथुन आदि किसी के बारे में हो सकते हैं। इंटरनेट पर लक्ष्यहीन ढंग से ब्राउज़ करने और सम्भवतया भ्रमित करने वाले जवाबों या कहीं नहीं पहुँचने की बजाय आप यहाँ उपयोगी जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। कृपया कोई भी सवाल पूछने के लिए इस मौक़े का लाभ उठाएँ।"*

आमतौर पर, विद्यार्थी पहले हिचकिचाते हैं; चेहरे बनाते हैं, हँसते हैं और निसन्देह मुझसे कहते हैं कि उनके पास कोई सवाल नहीं है। हालाँकि, पिछले कुछ सालों में, मैंने देखा है कि पर्याप्त वक़्त दिए जाने पर (मैं इस अभ्यास के लिए 60 मिनट की एक पूरी क्लास का वक़्त देती हूँ), विद्यार्थियों से कई सवाल उभरकर आते हैं (**चित्र-1** देखें)। दरअसल, एक बार मुझे एक बैच से 260 सवाल प्राप्त हुए थे! ऐसे उदाहरण भी हैं जहाँ विद्यार्थियों ने क्लास के बाद व्यक्तिगत रूप से अतिरिक्त सवाल लिखकर दिए हैं (**बॉक्स-1** देखें)।

शुरुआत मैं सवालों को अलग-अलग छाँटकर करती हूँ; जैसे कि सेक्स की प्रक्रिया से सम्बन्धित सवालों पर मैं क्लास में बात नहीं करती या तो मेरी अपनी असहजता के कारण या फिर विद्यार्थियों की उम्र उपयुक्त न होने की वज़ह से। बाक़ी सवालों पर अधिक प्रभावी ढंग से चर्चा करने के लिए, मैं उन्हें श्रेणियों में बाँट लेती हूँ, जैसे कि शरीर/

बॉक्स-2 : ब्लैकबोर्ड सत्रों में पूछे गए नमूना सवाल और अपनाए गए तरीक़े

प्रश्न : जनन-ग्रन्थि (गोनेड) क्या है?

मैंने इसे प्रजनन तंत्र की शारीरिकी और कार्यिकी पर एक सवाल के रूप में लिया और इसका जवाब देने के लिए ब्लैकबोर्ड के चित्रों का इस्तेमाल किया। मैंने एक आम ग़लत धारणा को भी स्पष्ट किया कि केवल पुरुष के शरीर में जनन ग्रन्थियाँ होती हैं। इस मौक़े पर, हमने इस पॉडकास्ट के कुछ अंश भी सुने : https://www.wnycstudios.org/series/radiolab-presents-gonads.

प्रश्न : शुक्राणु का निर्माण कहाँ और कैसे होता है? सम्भोग के दौरान शुक्राणु कहाँ जाता है? शुक्राणु कोशिका कैसे जानती है कि कहाँ जाना है?

ब्लैकबोर्ड के अतिरिक्त, मैंने इन सवालों पर बातचीत करने के लिए कुछ वीडियो का भी उपयोग किया। इनमें शामिल हैं :

• मानव शुक्राणु की गति की भौतिकी पर एक वीडियो : https://www.ted.com/talks/aatish_bhatia_the_physics_of_human_sperm_vs_the_physics_of_the_sperm_whale।

• मानव शुक्राणु का एक सूक्ष्म दृश्य : https://youtu.be/JQ5RvbjWFtQ.

प्रश्न : इरेक्शन (शिश्न का खड़ा होना या लिंगोत्थान) कैसे होता है?

यहाँ, मैंने तंत्रिका तंत्र, मांसपेशियों और रक्त वाहिकाओं की संरचना और कार्यप्रणाली के बारे में बताया। चूँकि ये विषय जीवविज्ञान पाठ्यक्रम के अन्य अध्यायों के साथ ओवरलैप करते हैं, इसलिए मैं इस क्लास और ग्रेड से पहले विद्यार्थियों ने जो कुछ सीखा था, उसके साथ इसको जोड़कर बता सकी।

प्रश्न : सेक्स के बाद महिला को गर्भवती होने में कितना समय लगता है? जब आप सेक्स करते हैं तो गर्भवती होने की सम्भाविता कितनी होती है?

इस प्रकार के सवालों को माहवारी के बारे में बातचीत से जोड़ा गया था। एक वीडियो जिसका उपयोग यहाँ किया जा सकता है : https://youtu.be/ayzN5f3qN8g.

प्रश्न : कंडोम क्या हैं? वे कैसे फट जाते हैं?

गर्भ निरोधकों पर इस वीडियो को साझा करने के बाद मैंने इस सवाल पर चर्चा की : https://www.youtube.com/watch?v=Zx8zbTMTncs.

हम महिला गर्भ निरोधकों पर भी विस्तार से चर्चा करते हैं। मैं इस वीडियो को साझा करती हूँ कि महिला कंडोम मिल पाना इतना कठिन क्यों है : https://youtu.be/6XxA-4Jp7AU.

फिर, मैं यह शैक्षिक वीडियो साझा करती हूँ कि कंडोम का उपयोग कैसे करें : https://www.youtube.com/watch?v=06kT9yfj7QE।

मैं इस वीडियो के माध्यम से यौन सहमति के विषय को भी प्रस्तुत करती हूँ : https://www.youtube.com/watch?v=pZwvrxVavnQ.

प्रश्न : किशोरावस्था के दौरान लड़के क्या अनुभव करते हैं?

मैं किशोरावस्था के दौरान होने वाले कई बदलावों की चर्चा करती हूँ। यह इन परिवर्तनों और उनसे सम्बन्धित बातचीत को सामान्य बनाने में मदद कर सकता है। उदाहरण के लिए, रात के समय में होने वाले स्खलन (स्वप्न दोष) या माहवारी मासिक स्राव के बारे में खुलकर बात करने से विद्यार्थियों को शर्मिन्दगी महसूस नहीं करने और इन प्राकृतिक परिवर्तनों को सामान्य प्रक्रियाओं के रूप में स्वीकार करने में मदद मिलती है। यहाँ एक वीडियो है जो मददगार हो सकता है : https://www.youtube.com/watch?v=-XQcnO4iX_U।

यहाँ कुछ अन्य अक्सर पूछे जाने वाले सवाल हैं जिन पर मैं इन सत्रों के दौरान चर्चा करती हूँ :

प्रश्न : पीरियड के दौरान दर्द क्यों होता है?

प्रश्न : माहवारी-पूर्व लक्षण (पीएमएस) क्या हैं?

प्रश्न : यह कैसे पता चलता है कि महिला गर्भवती हो गई है?

प्रश्न : महिलाओं को रजोनिवृत्ति (मेनोपॉज़) क्यों होती है? मेनोपॉज़ के दौरान वे कभी गर्भवती क्यों नहीं होतीं?

प्रश्न : पुरुष यौन अंग संवेदनशील क्यों होता है?

प्रश्न : कौमार्य क्या है और आप इसे कैसे खोते हैं?

बॉक्स-3 : खुली चर्चाओं में सम्बोधित नमूना सवाल और अपनाए गए तरीक़े

प्रश्न : ऐसा कैसे हुआ कि सुन्दरता क्या है, इस बारे में हम सभी के विचार एक जैसे हैं?

हम 'आकर्षण का विज्ञान' सम्बन्धी यह वीडियो देखते हैं : https://www.youtube.com/watch?v=169N81xAffQ. हम सुन्दरता, बॉडी शेमिंग आदि के मौजूदा सामाजिक मानदण्डों पर भी चर्चा करते हैं। चर्चा की शुरुआत सवालों से भी की जा सकती है, जैसे : सुन्दर होने का क्या मतलब है? क्या सुन्दरता का मतलब दुबला, गोरा, मांसल होना है? क्या सुन्दर होने के लिए हमें एक निश्चित परिभाषा में फिट होना पड़ेगा? ख़ूबसूरती का पैमाना कौन तय करता है? क्या इस परिभाषा में मीडिया कोई भूमिका निभाता है? क्या हम मीडिया में जो देखते हैं, अनजाने में ख़ुद को उससे परिभाषित होने देते हैं? हम अपने शरीर के साथ सकारात्मक सम्बन्ध बनाने के लिए क्या कर सकते हैं?

प्रश्न : आप कैसे जानेंगे कि आप गर्भवती हैं? लक्षण क्या हैं?

अपनी चर्चा को आगे बढ़ाने के लिए, हम ये वीडियो देखते हैं :

• गर्भावस्था के आश्चर्यजनक प्रभाव : https://www.youtube.com/watch?v=F_ssj7-8rYg.

• गर्भावस्था पर क्रैश कोर्स वीडियो : https://www.youtube.com/watch?v=BtsSbZ85yiQ।

• गर्भावस्था परीक्षण कैसे काम करते हैं : https://ed.ted.com/lessons/howdo-pregnancy-tests-work-tien-nguyen.

प्रश्न : टेस्ट-ट्यूब बेबी (परखनली शिशु) क्या है?

इन-विट्रो फर्टिलाइजेशन (आईवीएफ – शरीर से बाहर निषेचन) पर हम यह वीडियो देखते हैं : https://ed.ted.com/lessons/how-to-make-a-baby-in-a-lab-nassimassefi-and-brian-a-levine.

प्रश्न : क्या गर्भावस्था के अलावा किसी महिला की माहवारी चूकने के और भी कारण होते हैं?

'आप माहवारी क्यों चूके' पर हम एक SciShow वीडियो देखते हैं : https://youtu.be/DT37UwFPF8c। हम माहवारी पर पोषण, व्यायाम और हार्मोन की भूमिका पर भी चर्चा करते हैं।

प्रश्न : समलैंगिकता क्या है? क्या समलैंगिक होना सामान्य है?

यहाँ मैं समझाती हूँ कि एलजीबीटीआईक्यूए (**lesbian, gay, bisexual, transgender, intersex, queer/questioning, asexual**) क्या है और बताती हूँ कि उनमें से कोई भी होना बिल्कुल सामान्य है। हम जेंडर और सम्बन्धित कानूनों को लेकर सामाजिक पूर्वाग्रहों पर भी चर्चा करते हैं।

यहाँ कुछ अन्य अक्सर पूछे जाने वाले सवाल हैं जिन पर मैं इन सत्रों के दौरान चर्चा करती हूँ :

• एचआईवी और एड्स क्या हैं?

• सेक्स कैसे आनन्द देता है?

• मैथुनोत्कर्ष (orgasm) क्या है?

• क्या 14 साल की उम्र में सेक्स करना सही है?

• क्या सेक्स तकलीफदेह है?

• जुड़वाँ कैसे बनते हैं?

• पोर्नोग्राफ़ी क्या है? क्या यह हानिकारक है?

• माँ के लिए स्वास्थ्यप्रद विकल्प कौन-सा है — ऑपरेशन या सामान्य प्रसव?

• क्या हस्तमैथुन करना महिलाओं के साथ सेक्स करने जैसा ही है? यह क्या है?

• किशोरों की सेक्स में रुचि क्यों होती है?

शरीर रचना, गर्भावस्था, सम्भोग, पोर्नोग्राफ़ी आदि। मुझे क़िताबों, इंटरनेट, साथियों (अन्य टीचरों) या चिकित्सा-कर्मियों से इन सवालों के सटीक जवाब खोजने में एक या दो हफ़्ते का वक़्त लगता है। मैं इस वक़्त का इस्तेमाल अगली क्लास के लिए मानसिक रूप से तैयार होने में भी करती हूँ। मसलन, मैं सवालों का जवाब देते समय एक पूर्वाग्रह-रहित (नॉन-जजमेंटल) स्वर और हावभाव का इस्तेमाल करने के लिए सक्रिय रूप से काम करती हूँ। मैं उन सीमाओं की भी समीक्षा करती हूँ जो मैं विद्यार्थियों के साथ निर्धारित करूँगी।

विद्यार्थियों के साथ सवालों की छानबीन करना

(क) चाक से बात करें

आमतौर पर मैं मानव शरीर रचना विज्ञान से सम्बन्धित सवालों से शुरू करती हूँ। चार्ट या पावरपॉइंट प्रजेंटेशन दिखाने की बजाय, मैं ब्लैकबोर्ड पर पुरुष और महिला प्रजनन तंत्र का चित्र बनाती हूँ और विद्यार्थियों को अपनी नोटबुक में इन चित्रों को उतारने के लिए प्रोत्साहित करती हूँ। जब वे अपने चित्रों पर काम कर रहे होते हैं, तो मैं उनके व्यवहार और रवैए का अवलोकन करने के लिए क्लास में घूमती रहती हूँ। हैरानी की बात यह है कि बोर्ड पर मेरे द्वारा चित्र बनाने की शुरुआत करने पर विद्यार्थी जिस बेचैनी का एहसास करते हैं, वह जल्दी ही उनके द्वारा चित्र बनाना शुरू करने पर सहजता की भावना में बदल जाती है। यह मुमकिन है कि हाथ से चित्र बनाने से प्रजनन अंगों से जुड़े कुछ पूर्वाग्रहों को तोड़ने में मदद मिलती हो।

विद्यार्थियों द्वारा चित्र बना लेने के बाद, मैं प्रजनन तंत्र के प्रत्येक भाग का नाम लिखती हूँ, उनके नामों की उत्पत्ति बताती हूँ और समझाती हूँ कि वे अंग क्या करते हैं। इस दौरान मैं उसी स्वर और हावभाव

का इस्तेमाल करती हूँ जो मैं मानव हृदय या पत्ती की शारीरिक रचना पढ़ाते समय करती हूँ। यह तरीक़ा विद्यार्थियों को यह समझने में मदद करता है कि प्रजनन अंगों के बारे में सीखने की प्रक्रिया अन्य अंग के बारे में सीखने के समान ही है। इस पद्धति से प्रजनन तंत्र की शारीरिकी और कार्यिकी के बारे में कई सवाल सम्बोधित हो जाते हैं। क्लास के अन्त में, मैं विद्यार्थियों के वे सवाल पढ़कर भी सुनाती हूँ जिन पर उस दिन चर्चा हुई (**बॉक्स-2** देखें)।

(ख) बाहर खुले में

चॉक व बोर्ड से चर्चा करने के बाद, क्लास का अगला सेट आमतौर पर क्लास के बाहर स्कूल के खुले स्थानों में आयोजित किया जाता है, क्योंकि खुले स्थान कम प्रतिबन्धात्मक होते हैं और विद्यार्थियों के साथ बातचीत को सहज बनाते हैं। इन खुले सत्रों के दौरान, विद्यार्थी और मैं एक गोल घेरे में बैठते हैं, ताकि हम सभी एक-दूसरे को देख सकें और अपने मानवीय जुड़ाव को महसूस कर सकें। चर्चा के विषय, उसके उद्देश्य और चर्चा के दौरान उनसे अपेक्षाओं के बारे में मैं विद्यार्थियों को एक संक्षिप्त परिचयात्मक व्याख्यान देती हूँ। मैं उन्हें इस चर्चा को सामूहिक सीखने के एक अनुभव के रूप में देखने के लिए प्रोत्साहित करती हूँ, उन्हें ख़ुद को अभिव्यक्त करने के लिए स्वतंत्र महसूस करने के लिए कहती हूँ और किसी का मज़ाक बनाने या किसी के बारे में फ़ैसले करने से बचने की आवश्यकता पर बल देती हूँ।

चर्चा की शुरुआत इकट्ठे किए गए सवालों में से किसी एक को पढ़कर करती हूँ (**बॉक्स-3** देखें)।

आमतौर पर, मैं शरीर रचना आधारित सवालों के विस्तार को ही चुनती हूँ। यह इस तरह का सवाल हो सकता है, 'एक अण्डे को निषेचित करने के लिए कितनी बार सम्भोग की आवश्यकता होती है?' या 'माहवारी को खुले तौर पर चर्चा करने के लिए वर्जित विषय क्यों माना जाता है?' या 'क्या सेक्स करने पर दुखता है?' जब मैं इसे ज़ोर से पढ़ती हूँ तो विद्यार्थी आँखें मिलाने से बचते हैं और फ़र्श पर घूरने लगते हैं। सवाल को पढ़ देने के बाद, मैं घेरे में बैठे सभी विद्यार्थियों को इत्मिनान से देखती हूँ। फिर मैं विद्यार्थियों से इस तरह के सवाल पूछकर उन्हें आगे की चर्चा की लगाम अपने हाथों में लेने को प्रोत्साहित करती हूँ, *"आप इस सवाल के बारे में क्या सोचते हैं? क्या किसी को पता है कि सवाल का क्या मतलब है?"* धीरे-धीरे, विद्यार्थी खुलने लगते हैं। अन्त में, हरेक विद्यार्थी का जो सवाल मैंने ज़ोर से पढ़ा था, उसके बारे में या तो मैं आवश्यक जानकारी प्रदान करती हूँ या फिर हम मिलकर एक समूह के तौर पर निष्कर्ष निकालते हैं या अपने विचारों का सार प्रस्तुत करते हैं। यह परिचयात्मक चर्चा सत्र आमतौर पर मुझे विद्यार्थियों के विचारों की बेहतर समझ हासिल करने में मदद करता है; साथ ही सहपाठियों के प्रभाव और उनके सहजता के स्तर को मापने में मदद करता है। यह विद्यार्थियों को अपने साथियों के सामने अपने विचारों को स्पष्ट करने में अधिक आत्मविश्वासी बनने में मदद करता है। इसके बाद, मैं चर्चा को सहज बनाने के लिए लगभग इसी तरीक़े का उपयोग करते हुए अन्य सवालों पर आगे बढ़ती हूँ। सवालों का समग्र रूप से जवाब देने के लिए, हम मानव मस्तिष्क, व्यसन, मादक दवाओं, पोर्नोग्राफ़ी, मौजूदा सामाजिक वर्जनाओं, सहमति, यौन अधिकार और आनन्द जैसे कई सम्बद्ध विषयों को स्पर्श कर सकते हैं। इसके अलावा, जहाँ उपयुक्त हो, मैं छोटे वीडियो चला सकती हूँ जो विद्यार्थियों को चर्चा के दौरान उठे बिन्दुओं की बेहतर दृश्य समझ हासिल करने में मदद करते हैं।

विद्यार्थी इन चर्चाओं पर लगातार सकारात्मक प्रतिक्रिया दिखाते हैं। कई बार मुझे क्लास को समाप्त करना मुश्किल लगा क्योंकि विद्यार्थी अपनी चर्चा को अगले पीरियड में भी जारी रखना चाहते थे। हर क्लास में कुछ विद्यार्थी ऐसे होते हैं जो बेझिझक सवाल पूछते हैं और कुछ शर्मीले होते हैं जो मुझे उनके सवालों को सुनने के लिए उनके पास आने का इशारा करते हैं। कुछ ऐसे भी होते हैं जो स्पष्ट रूप से अपनी भावनाओं के साथ जूझ रहे होते हैं। जैसे-जैसे हम सवालों के साथ आगे बढ़ते हैं, विद्यार्थी अधिक-से-अधिक खुलेतौर पर बातचीत करने लगते हैं। मैंने देखा है कि बाधाओं को कम करने और पूरी क्लास की गतिशीलता को स्थापित करने में सहपाठी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। उदाहरण के लिए, किसी सहपाठी को सवाल पूछते देखकर दूसरों को भी पूछने के लिए हौसला मिलता है। इसी तरह, किसी सहपाठी की हल्की-फुल्की टिप्पणी क्लास में तनाव को कम करती है। मैं एक टीचर के रूप में, विद्यार्थियों के सभी सवालों के प्रति तटस्थ और पूर्वाग्रह-रहित रहकर इस तरह के सहायक माहौल को और सहज बनाने की कोशिश करती हूँ। यह विश्वास का एक दायरा स्थापित करने में मदद करता है जो विद्यार्थियों को निडरता से फॉलोअप सवाल पूछने की सहजता देता है, जो सामान्य और निजी दोनों तरह के हो सकते हैं। कभी-कभी, विद्यार्थी सामुदायिक/सामाजिक मानदण्डों, बॉडी इमेज या रूढ़-छवियों के उनकी सेहत पर पड़ने वाले प्रभाव के निजी अनुभव भी साझा करते हैं। कुछ विद्यार्थी घर पर इन चर्चाओं को जारी रखते हैं क्लास में और अधिक सवालों के साथ लौटते हैं। कई बार, सवाल पूछने और चर्चाओं में भाग लेने का यह अभ्यास इस ग्रेड के बाद भी जारी रहता है। उदाहरण के लिए, इनमें से कुछ बैच के विद्यार्थी 12वीं कक्षा में फिर से उन्हीं विषयों पर चर्चा करना चाहते थे। कुछ विद्यार्थियों के वही सवाल थे जो उन्होंने कक्षा नौवीं में पूछे थे। इसलिए इस मॉड्यूल को विभिन्न शैक्षणिक स्तरों पर दोहराना मददगार हो सकता है।

(ग) अन्य फैकल्टी को बुलाना

एक और दिलचस्प तरीक़ा जो मैंने अपनाया था वह था अपने स्कूल समुदाय के अन्य सदस्यों को विशिष्ट सवालों को सम्बोधित करने के लिए बुलाना। उदाहरण के लिए, एक गणित टीचर, जो नई-नई माँ बनी थीं, ने प्रसव के विभिन्न तरीक़ों और विशेष रूप से जल प्रसव के अपने अनुभव पर चर्चा की। स्कूल के डॉक्टर ने प्रजनन स्वास्थ्य पर अपनी जानकारी साझा की और मनोविज्ञान में डिग्री वाले एक टीचर ने प्रजनन के कुछ समाजशास्त्रीय और मनोवैज्ञानिक पहलुओं पर चर्चा की। प्रत्येक एक समृद्ध अनुभव था और इसने विद्यार्थियों को एक नए सन्दर्भ में अपने शिक्षकों के साथ जुड़ने का मौक़ा प्रदान किया।

चलते-चलते

सालों से, मैंने देखा है कि विद्यार्थी इस मॉड्यूल की प्रतीक्षा करते हैं, क्योंकि वे अधिक जानकारी प्राप्त करने के लिए उत्सुक हैं और वे चर्चा करने के मौक़े दिए जाने की तारीफ़ करते हैं। पूरे मॉड्यूल में चर्चाएँ लगातार गहन रही हैं (पहली एक या दो क्लासों को छोड़कर, जिसमें विद्यार्थी की भागीदारी प्राप्त करना सच में एक संघर्ष था)। मॉड्यूल के कुछ हिस्सों में जानकारी की अधिकता होने के बावजूद, विद्यार्थियों ने सीखने के समग्र अनुभव का आनन्द लिया। चूँकि मॉड्यूल पाठ्यक्रम में सम्बन्धित इकाइयों के सभी भागों को शामिल करता है, इसलिए यह परीक्षा-केन्द्रित नज़रिए से इकाई को पूरा करने के लिए अतिरिक्त कक्षाओं की आवश्यकता को समाप्त कर देता है।

हालाँकि इस लेख में वर्णित दृष्टिकोण किसी शिक्षक को पहली बार में चुनौतीपूर्ण लग सकते हैं, पर आख़िर में यह दरअसल एक सन्तोषदायक अनुभव हो सकता है। इस लेख में साझा किए गए संसाधन शिक्षकों को आवश्यक और सटीक जानकारी प्राप्त करने के लिए तैयार करने में मदद कर सकते हैं। हालाँकि, विषमलैंगिकता को सामान्य बताने (heteronormative), सही-ग़लत के फ़ैसले सुनाने (judgmental) और संरक्षात्मक (patronizing) रवैयों के प्रति संवेदनशील होने के लिए; समावेशी होने के लिए; और लगातार यह सुनिश्चित करने के लिए कि चर्चाएँ भय से प्रेरित न हों मानसिक रूप से तैयार होना भी ज़रूरी है। इसमें कोई सन्देह नहीं है कि यह कोई आसान काम नहीं है, ख़ासतौर से समय और पाठ्यक्रम को पूरा करने की अतिरिक्त बाधाओं के साथ। लेकिन आख़िरकार, हमें रुककर ख़ुद से पूछने की ज़रूरत है: हम क्यों पढ़ाते हैं? एक शिक्षक के रूप में हमारे मूल्य क्या हैं? विद्यार्थियों से हमारी क्या उम्मीदें हैं? क्या यह हमारी ज़िम्मेदारी नहीं है कि हम विद्यार्थियों को तर्कसंगत रूप से सोचने, मनन करने और ख़ुद को स्वतंत्र रूप से अभिव्यक्त करने में सक्षम बनाएँ?

मुख्य बिन्दु

- विद्यार्थियों की जिज्ञासा का समर्थन करने वाले माहौल का निर्माण विद्यार्थियों और शिक्षकों दोनों के लिए सीखने के अवसर प्रदान करता है।
- स्पष्ट और खुली चर्चा, जो विद्यार्थियों को विशेष रूप से संवेदनशील विषयों पर सोचना और विचार करना सिखाती है, उनके अवरोधों को दूर करने में उनकी मदद करती है।
- विद्यार्थियों के लिए सीखने का एक सुरक्षित माहौल प्रदान करने के लिए शिक्षक का पूर्वाग्रह-रहित और समावेशी होना महत्त्वपूर्ण है।

आभार : ऐसे अद्भुत सवाल पूछने के लिए मैं अपने विद्यार्थियों को, और उत्साह तथा लगातार समर्थन के लिए अपने सहयोगियों को धन्यवाद देती हूँ। विस्तृत प्रतिक्रिया और सुझावों के लिए सम्पादकों और समीक्षकों का भी मैं शुक्रिया अदा करती हूँ।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Discussing reproduction. Credits: Shreya Kedia. License: CC-BY-NC.

Some useful resources:

1. TARSHI. The Yellow Book: A parent's guide to sexuality education. Zubaan Publishers (2010).
2. TARSHI. The Blue Book: What you want to know about yourself. Zubaan Publishers (2013).
3. TARSHI. The Orange Book: A teachers' workbook on sexuality education. TARSHI publications (2015).
4. Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. Biology: A global approach. Pearson (2018).
5. Taylor, D. J., Green, N. P. O., & Stout, G. W. Biological science. Cambridge University Press (1998).
6. EONS Collection. How sex became a thing|Eons. PBS LearningMedia (April 7, 2021). Retrieved on July 6, 2022, from *https://www.pbslearningmedia.org/resource/sex-thing-eons/sex-thing-eons/*.
7. Schilthuizen, M. The evolution of animal genitalia. YouTube (April 24, 2017). Retrieved on July 6, 2022, from https://www.youtube.com/watch?v=vcPJkz-D5II.

धन्या के. हाई स्कूल जीवविज्ञान पढ़ाती थीं। उन्होंने न्यूरोजेनेटिक्स में पीएचडी की है। उनकी रुचि है कि जीवविज्ञान सीखने में अधिक सुलभ और मज़ेदार बन सके और वे विद्यार्थियों को सक्रिय शिक्षार्थी बनने में मदद करती हैं। उनसे dhanyak2@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : सीमा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

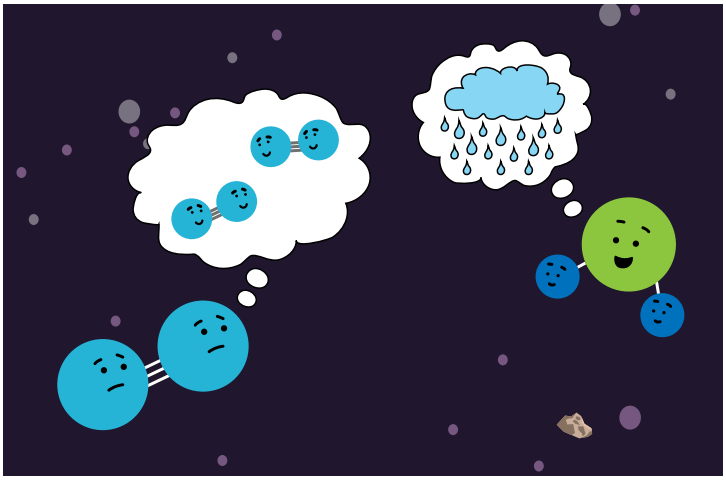
तरलता की चाह

माला राधाकृष्णन

मैं और मेरे असंख्य समरूप सहोदर
इतनी ऊँचाई से नज़ारे का लुत्फ़ उठाते हैं,
हरेक नाइट्रोजन युगल के रूप में उड़ता-फिरता है
और हम हवा का अस्सी फ़ीसद बनाते हैं।

लेकिन कभी-कभी होती है ऊब, यहाँ ऊँचाई पर
गैसीय वायुमण्डल के हिस्से के रूप में उतराने में,
हालाँकि मैं सचमुच शिक़ायत न करता
यदि यहाँ निपट अकेलापन न होता।

चूँकि हम गैस हैं, इसलिए हक़ीक़त यही है कि
हमारे अणु बिरले ही टकराते हैं,
हमारे घनत्व का मान इतना कम है कि
हम अन्तरआणविक दोस्तियाँ बहुत कम ही पनपाते हैं।



और यदि संयोग से दो आत्माएँ जो टकरा गईं
तो बग़ैर किसी शोरगुल के वे फिर दूर-दूर हो जाती हैं,
कोई गुफ़्तगू नहीं, मौसम की कोई बातें नहीं
साथ-साथ खिलने, साथ-साथ बढ़ने की कोई कोशिश नहीं।

लेकिन एक दिन मुझे एक नायाब मौक़ा मिला
अपने बेतरतीब आणविक नृत्य की आपाधापी में,
H_2O के एक अणु से बस इतनी देर बतियाने का
कि मुझे एक अविश्वसनीय बात पता चली।

उसने कहा कि उसके कुछ यार थे
जिनसे वह चिपका रहता था
एक ऐसी चीज़ में तैरते हुए जिसे उसने 'द्रव' कहा,
"द्रव में सब लोग थोड़े-थोड़े पास-पास रहते हैं
क्या तुम कभी द्रव के हिस्से रहे हो?"
"नहीं जनाब।"

उसने मुझे घूरा, “तुम क्या उम्मीद करते हो?
तुम्हारे पास मज़बूत हत्थे भी तो नहीं हैं जिनसे एक-दूसरे को पकड़ सको!
हाइड्रोजन बन्धन तो तुम यक़ीनन नहीं बनाओगे;
तुम्हारे पास ध्रुवीकृत ‘H’ जो नहीं हैं, भले मानुस!

यदि द्रव बनना सचमुच तुम्हारा मक़सद होता
तो किसी तरह का द्विध्रुव होने से मदद मिलती,
या शायद तुम साइज़ में बड़े होते
ताकि परिक्षेपण क़िस्म के बल तुम्हारे
बन्धनों का निर्देशन करते।

लेकिन तुम्हें जिन दोस्तियों की ख़्वाहिश है
वे, बहुत हुआ तो, कमज़ोर ही रहेंगी
अफसोस कि तुम्हारे अन्तरआणविक बल,
बहुत कम हैं, और इसीलिए तुम गैस हो।

लेकिन रुको, एक उम्मीद है! तथ्य है कि
यह इस बात पर भी निर्भर है कि तापमान कितना है,
जितनी ज़्यादा ऊष्मीय ऊर्जा होगी
उतने ही ज़्यादा तुम इधर-उधर भटकोगे और आज़ाद रहोगे।

लेकिन जब ठण्ड, सचमुच की ठण्ड होती है
तब कमज़ोर बल भी (अणुओं को) थाम लेते हैं,
तो किसी ठण्डी जगह पर जाओ, और
तब तुम तरल नाइट्रोजन बन जाओगे।”

और जितनी तेज़ी से हमारी बातचीत शुरू हुई थी,
उतनी ही फ़ुर्ती से उसने कहा, “अलविदा, अब मुझे जाकर संघनित होना पड़ेगा।”

लेकिन उसने मुझे अपने गैसीय हाल
का कारण समझा दिया था :
मेरी दोस्ती की परिस्थिति आदर्श नहीं थी।

देखो, कई लोग आसानी से कई दोस्तियाँ बना लेते हैं,
किसी फ्रीज़ की मदद के बग़ैर।
मेरे लिए, कुछ दोस्त होने का मतलब साफ़ था
कि मुझे एक अलग पर्यावरण की ज़रूरत थी।

हो सकता है कई लोग सूरज और गर्मी के सपने देखें
मैं उन असंख्य दोस्तों के ख़्वाब देखता हूँ जो मुझे मिलेंगे,
कैसे मैं लोकप्रिय हो जाऊँगा, सबका हीरो बनूँगा
शून्य से दो सौ डिग्री सेल्सियस नीचे।

मैं सचमुच चाहता हूँ कि यह परिवर्तन बहुत भयानक न हो
अभी, इसी वक़्त दोस्त मिलना अद्भुत होगा,
तो यदि आप उनमें से हैं जो आसानी से घुलमिल सकते हैं
तो हमसे भी दोस्ती करने की कोशिश कीजिए...प्लीज़?

Notes:

1. This poem was first published in Mala Radhakrishnan's poetry collection 'Atomic Romances, Molecular Dances' and is included in this issue of i wonder... with her permission.
2. Source of the image used in the background of the article title: Poem. Credits: Idearriba, Pixabay. *URL: https://pixabay.com/photos/poem-butterfly-literature-tale-1104997/. License: CC0.*
3. The three illustrations for this poem were conceptualised & created by Vidya Kamalesh (Artist, i wonder...) & Chitra Ravi (Editor, i wonder...). To reuse, please include following details: Credits: i wonder..., Jun 2022 issue. License: CC-BY-NC.

माला राधाकृष्णन एक वैज्ञानिक-कवि हैं। वे वेल्लेस्ले कॉलेज, यूएसए के रसायन विभाग में एक प्रोफ़ेसर के तौर पर काम करती हैं। दो दशकों से वे रसायनशास्त्र विषय पर कविताएँ लिख रही हैं और कविता-पाठ कर रही हैं। उनकी कविताओं की दो पुस्तकें प्रकाशित हुई हैं। उनसे mradhakr@wellesley.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : सुशील जोशी

विद्यार्थियों के डिज़ाइन को उभारना

रवि सिन्हा, आशीष कुमार परदेसी और दीपा चारी

विद्यार्थियों के लिए अपने शिक्षकों या पाठ्यपुस्तकों द्वारा दी गई व्याख्याओं के माध्यम से वैज्ञानिक अवधारणाएँ सीखना आम बात है। लेकिन जब वे सरल उपकरणों के भौतिक मॉडल्स का निर्माण और परीक्षण करते हैं तो वे कौन-सी अवधारणाएँ और कौशल सीखेंगे? उनकी सामग्री और डिज़ाइन विकल्पों के बारे में हमजोलियों से उत्साहवर्धक बात करने से क्या विचार सामने आएँगे?

राष्ट्रीय पाठ्यचर्या रूपरेखा (एनसीएफ़) 2005, उच्च-प्राथमिक और माध्यमिक स्तरों पर विज्ञान शिक्षण में 'तकनीकी मॉड्यूल डिज़ाइन करने के लिए हाथों से काम करने' की आवश्यकता पर ज़ोर देती है। ऐसा करने का एक तरीक़ा विद्यार्थियों को उनके पाठ्यक्रम में शामिल सरल उपकरणों के मॉडल डिज़ाइन और निर्माण करने के लिए प्रोत्साहित करना है। इस प्रक्रिया में, विद्यार्थियों को यह पता लगाने और आलोचनात्मक ढंग से विचार करने के लिए प्रोत्साहित किया जा सकता है कि वे किस सामग्री का उपयोग कर सकते हैं और कैसे वे इन सामग्रियों को एक साथ जोड़ सकते हैं ताकि वह उपकरण काम करने लगे।

विद्यार्थियों को अपने साथियों द्वारा चुनी गई सामग्री और डिज़ाइन विकल्पों का भी अध्ययन करने का मौक़ा दिया जा सकता है। इस कवायद से विद्यार्थियों को विज्ञान के कामकाज से परिचित कराया जा सकता है। जिस प्रकार वैज्ञानिक जाँच/ प्रयोगों के माध्यम से विज्ञान के नियमों को प्रस्तुत करते हैं, विद्यार्थी सामग्री को टटोलकर, मॉडल निर्माण और मॉडल परीक्षण के माध्यम से वैज्ञानिक अवधारणाओं की बेहतर समझ बना सकते हैं।

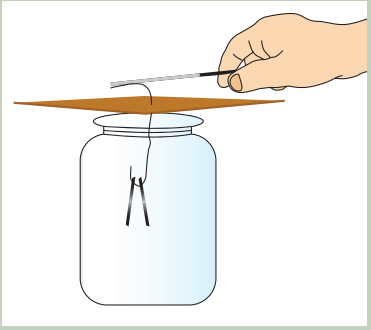
इस लेख में, हमने कोविड-लॉकडाउन के दौरान ऑनलाइन माहौल में किए इस तरह के मॉडल-निर्माण के एक अभ्यास के अपने अनुभव को साझा किया है। उच्च प्राथमिक विद्यार्थियों को एक विद्युतदर्शी बनाने के लिए कहा गया था, यह एक आवेश सूचक उपकरण है, जो आठवीं कक्षा की विज्ञान पाठ्यपुस्तक में 'कुछ प्राकृतिक घटनाएँ' शीर्षक वाले अध्याय में दिया गया है।

मॉडल-निर्माण अभ्यास

कक्षा-8 की पाठ्यपुस्तक विद्यार्थियों को सरल सामग्रियों से विद्युतदर्शी बनाने की एक विधि

बॉक्स-1 : एनसीईआरटी पाठ्यपुस्तक से अंश

*मुरब्बे की एक ख़ाली बोतल लें। बोतल के मुँह के साइज़ से कुछ बड़ा गत्ते का टुकड़ा लें। इसमें एक छिद्र बनाएँ जिसमें धातु की पेपर-क्लिप घुसाई जा सके। **चित्र-15.4** में दर्शाए अनुसार पेपर-क्लिप को खोलें। एल्युमीनियम की पन्नी की लगभग 4 सेमी × 1 सेमी साइज़ की दो पट्टी काटें। चित्र में दर्शाए अनुसार इन्हें पेपर-क्लिप पर लटकाएँ। गत्ते के ढक्कन में पेपर-क्लिप को इस प्रकार घुसाएँ कि यह गत्ते के लम्बवत रहे। रीफिल को आवेशित करें तथा इसे पेपर-क्लिप के सिरे से स्पर्श कराएँ। देखें कि क्या होता है? क्या पन्नी की पट्टियों पर कोई प्रभाव पड़ता है? क्या ये एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं अथवा आकर्षित करती हैं? अब पेपर-क्लिप के सिरे से अन्य आवेशित वस्तुओं को स्पर्श कराएँ। क्या हर बार पन्नी की पट्टियाँ समान रूप से व्यवहार करती हैं? क्या इस उपकरण का उपयोग यह पहचान करने के लिए कर सकते हैं कि कोई वस्तु आवेशित है अथवा नहीं? क्या आप यह स्पष्ट कर सकते हैं कि पन्नी की पट्टियाँ एक-दूसरे को क्यों प्रतिकर्षित करती हैं?*



चित्र-15.4 : एल्युमीनियम की पन्नी की पट्टियाँ पेपर-क्लिप से होते हुए आवेशित रीफिल से आवेश प्राप्त करती हैं (याद रहे कि धातुएँ विद्युत की अच्छी चालक होती हैं)। समान आवेश वाली पट्टियाँ एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं और वे फैल जाती हैं। इस प्रकार की युक्ति का उपयोग यह परीक्षण करने के लिए किया जा सकता है कि कोई वस्तु आवेशित है अथवा नहीं। इस युक्ति को विद्युतदर्शी कहते हैं।

Source: NCERT Science Textbook, Ch. 15: Some Natural Phenomena, retrieved from *https://ncert.nic.in/textbook/pdf/hesc115.pdf (pg. 180)*.

से परिचित कराती है। निर्माण के बाद यह मॉडल के अवलोकन और अन्वेषण को प्रोत्साहित करने के लिए दिलचस्प उकसावों का एक सेट भी प्रदान करती है (**बॉक्स-1** देखें)। हमने तय किया कि उसी उपकरण को बनाने के लिए विद्यार्थियों को वैकल्पिक सामग्री और डिज़ाइनों का पता लगाने को कहा जाए। यह अभ्यास दो तरह से मदद कर सकता है। पहला, विद्यार्थियों को विद्युतदर्शी की कई कार्यात्मक विविधताओं को खोजने का अवसर मिलेगा। दूसरा, इससे उन्हें सम्बन्धित अवधारणाओं (जैसे आवेशित पिण्ड, आकर्षक/ प्रतिकर्षक बल, विक्षेपण, आवेश की मात्रा आदि) और उनके व्यावहारिक अनुप्रयोगों की बेहतर समझ विकसित करने में मदद मिलेगी।

ऑनलाइन माहौल

अप्रैल 2021 में, हमने एक अँग्रेज़ी माध्यम पब्लिक स्कूल के नौवीं कक्षा के विज्ञान शिक्षक के साथ दो ऑनलाइन 'मेकिंग' (निर्माण) सत्र आयोजित किए। दोनों सत्र नियमित स्कूल समय के दौरान आयोजित किए गए थे और प्रत्येक सत्र 90 मिनट का था। इन सत्रों में इस कक्षा के लगभग 29 विद्यार्थियों ने स्वेच्छा से भाग लिया था।

(क) सत्र-1 : पहले सत्र में, हमने विद्यार्थियों को विद्युतदर्शी के एक मॉडल से परिचित कराया और उन्हें दिखाया कि यह कैसे काम करता है। फिर हमने विद्यार्थियों को अन्य (स्थानीय रूप से उपलब्ध) सामग्रियों और डिज़ाइनों का उपयोग करके इस उपकरण का एक वैकल्पिक संस्करण तैयार करने की चुनौती दी। इस सत्र के दौरान, हमने जान-बूझकर विद्युतदर्शी के कार्य सिद्धान्त पर किसी भी तरह की चर्चा को मुल्तवी रखा। यह विद्यार्थियों को अपने ख़ुद के विवरण बनाने का मौक़ा देने के लिए था कि सम्बन्धित अवधारणाओं (जैसे आवेश, बल, विक्षेपण की मात्रा आदि) ने उपकरण के डिज़ाइन में कैसे योगदान दिया। इस तरह हमें उम्मीद थी कि विद्यार्थी इस अभ्यास में उसी तरह की जिज्ञासा के साथ जुट सकेंगे, जैसे वैज्ञानिक अपने प्रयोगों में जुटते हैं।

(ख) सत्र-2 : विद्यार्थियों को अपने मॉडलों पर काम करने के लिए कुछ समय देने के लिए, दूसरा सत्र तीन दिन बाद आयोजित किया गया था। इस सत्र में, हमने चर्चा के माध्यम से विद्यार्थियों को वैकल्पिक विद्युतदर्शी मॉडल बनाने की अपनी यात्रा को साझा करने के लिए प्रोत्साहित किया। (**बॉक्स-2** देखें) लॉकडाउन के कारण,

बॉक्स-2 : चर्चा के लिए कुछ बिन्दु

मॉडल बनाने के इर्द-गिर्द सवाल :	अवधारणात्मक समझ के बारे में सवाल :
• मॉडल बनाने का आपका सफ़र कैसा था? • आपने अपने मॉडल में ये डिज़ाइन और सामग्रियाँ क्यों चुनीं? • मॉडल बनाने की प्रक्रिया के दौरान क्या किसी अवलोकन या खोज से आश्चर्य में पड़े? • क्या आपको इस प्रक्रिया का कोई पहलू मुश्किल लगा? • मॉडल में क्या काम किया और क्या नहीं? • क्या आप अपने मॉडल का एक स्केच साझा कर सकते हैं?	• क्या आपने जो स्केच साझा किया है, वह मॉडल का सटीक प्रदर्शन है? • इस डिज़ाइन के बारे में आप सब क्या सोचते हैं? • क्या आप अपने दो साथियों को अपनी डिज़ाइन/ मॉडल पर उनकी प्रतिक्रिया और विचार साझा करने के लिए कह सकती हैं? • क्या कोई ये समझाना चाहेगा कि मॉडल कैसे काम करता है? • आप लोगों को क्या लगता है, हम इस गतिविधि से और क्या सीख सकते हैं?

चित्र-1 : दिव्या द्वारा बनाया गया विद्युतदर्शी। **(क)** ऊपर से देखने पर जहाँ से ताँबे के तार की कुण्डलाकार आकृति दिखाई दे रही है। **(ख)** बाजू से देखने पर जिसमें एल्यूमीनियम पन्नी की पट्टियाँ दिखाई दे रही हैं।

Credits: Ravi Sinha, Ashish Kumar Pardesi, and Deepa Chari. License: CC-BY-NC.

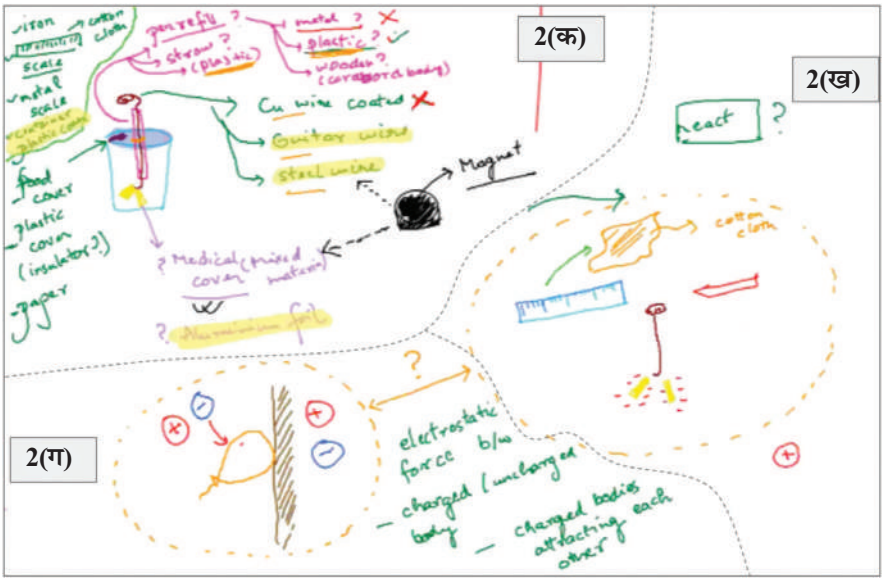
केवल कुछ विद्यार्थी ही डिज़ाइन के लिए थोड़ी-बहुत वैकल्पिक सामग्री एकत्र कर पाए और केवल एक विद्यार्थी (दिव्या) एक वैकल्पिक मॉडल बनाने में सफल रही। हमें ऐसी स्थिति का अन्देशा था और विद्यार्थियों द्वारा अपने मॉडल के लिए सोची गई सामग्रियों और डिज़ाइनों के आधार पर चर्चा करने के लिए तैयार थे, भले ही वे मॉडल बनाने में सफल न रहे हों। चूँकि दिव्या एक कार्यशील मॉडल बनाने में कामयाब रही थी, हमने उसे मॉडल बनाने के अपने अनुभव के साथ चर्चा शुरू करने को कहा। जैसे-जैसे अन्य लोग अपनी प्रतिक्रिया के साथ जुड़ते गए, बातचीत उसकी डिज़ाइन से आगे बढ़ती गई।

मॉडल बनाने का दिव्या का अनुभव

दिव्या ने विद्युतदर्शी का एक वैकल्पिक डिज़ाइन प्रस्तुत किया जो एक काँच के गिलास, कुछ काग़ज़ के कार्ड, टेप, ताँबे के तार और एल्युमीनियम पन्नी से बनाया गया था (**चित्र-1** देखें)। उसने एक वीडियो भी साझा किया कि कैसे उसके मॉडल में आवेशित वस्तुओं (उसने इसके लिए सूती कपड़े से रगड़कर धातु या प्लास्टिक के स्केल का इस्तेमाल किया था) के पास आने पर एल्युमीनियम पन्नी मुड़ रही थी। इससे इस सिद्धान्त की पुष्टि हुई कि - जब एक आवेशित वस्तु को विद्युतदर्शी के आस-पास लाया जाता है, तो उसे आवेश का प्रवाह शुरू करना चाहिए जिससे पट्टी विक्षेपित हो जाती है। विक्षेपण का परिमाण वस्तु पर आवेश की मात्रा के आधार पर भिन्न होना चाहिए।

दिव्या ने बताया कि उसने कार्यात्मक विद्युतदर्शी बनाने की शुरुआत विभिन्न सामग्रियों को आज़माकर की। इनमें विभिन्न प्रकार के तार (जैसे एक कोटेड ताँबे का तार, ताँबे का नंगा तार, स्टील का तार, गिटार का तार), एक प्लास्टिक स्केल, एक प्लास्टिक बर्तन, काग़ज़ आदि शामिल थे। जब पूछा गया कि उसने ये चीज़ें कैसे इकट्ठा कीं, तो उसने कहा कि : *"सामग्री जुटाना... इतना कठिन नहीं था, क्योंकि मेरे भाई ने भी इसमें मेरी मदद की थी! एक सेकंड में, मैंने अपना प्रोजेक्ट पूरा कर लिया, बिल्कुल उसी दिन!"*

विद्युतदर्शी की पाठ्यपुस्तक वाली डिज़ाइन में बदलाव करने के लिए, दिव्या ने विभिन्न सामग्रियों और उनके संघटन पर ऑनलाइन शोध किया। उसने यह भी साझा किया कि कैसे वह बहुत सारे परीक्षण और त्रुटि के बाद अपना मॉडल बना पाई। उदाहरण के लिए, दिव्या जानती थी कि जब विद्युतदर्शी के पाठ्यपुस्तक मॉडल में एक आवेशित वस्तु को ताँबे के तार के पास लाया जाता है, तो एल्युमीनियम पन्नी की पट्टी में विक्षेप दिखाई देता है। जब दिव्या ने नंगे ताँबे के तार की जगह कोटेड ताँबे का तार लगाया तो पत्तियों में विक्षेपण नहीं हुआ। तब उसने ताँबे के तार की जगह पहले गिटार का तार और फिर स्टील का तार लगाया। दोनों ही मामलों में विक्षेपण हुआ। जब पूछा गया कि कोटेड ताँबे के तार ने काम क्यों नहीं किया, तो दिव्या ने अपना अवलोकन साझा किया : *"कोटेड ताँबे के तार चुम्बक पर प्रतिक्रिया नहीं*



चित्र-2 : चर्चा का चित्रात्मक सार। इस फोटो में चर्चा के मुख्य बिन्दुओं को दिखाया गया है **(क)** मॉडल मेकिंग तथा डिज़ायन बनाने की प्रक्रिया **(ख)** विद्युतदर्शी के कार्यात्मक सिद्धान्त **(ग)** अन्य घटनाओं से सम्बन्ध।

Credits: Ravi Sinha, Ashish Kumar Pardesi, and Deepa Chari. License: CC-BY-NC.

करते हैं, जबकि स्टील के तार और गिटार के तार करते हैं।" उसके जवाब से समझ आया कि उसने इस परिकल्पना के साथ काम किया था कि चुम्बकीय गुणों वाली सामग्रियों से विक्षेपण होने की सम्भावना थी।

दिव्या की डिज़ाइन प्रक्रिया का एक अन्य पहलू यह था कि उसने विद्युतदर्शी के पाठ्यपुस्तक मॉडल में बार-बार बदलाव किए ताकि यह पता चल सके कि कौन-से सम्भावित संयोजन काम करेंगे। उदाहरण के लिए, तार के कुछ विकल्पों की पहचान करने के बाद ही उसने एल्युमीनियम पन्नी के विकल्प तलाशने शुरू कर दिए। दिव्या ने बताया कि कैसे उसने इस उद्देश्य के लिए दवाई के रैपर की पट्टी और किसी डिब्बे से एक पतले धातु के टुकड़े का उपयोग करने की कोशिश की थी। फिर, उसने डिब्बे के ढक्कन की जगह एक स्ट्रॉ लगाने पर विचार किया जो तार को भी सपोर्ट करती और टेस्टिंग के लिए उसके पास लाई गई चीज़ों को भी।

जब उससे डिज़ाइन में बदलाव लाने की इस प्रक्रिया के बारे में पूछा गया, तो दिव्या ने विभिन्न सामग्रियों को आज़माने की परेशानी साझा की। उसने यह भी बताया कि कैसे उसके परिवार ने इसमें मदद की: *"मैंने अपनी डिज़ाइन कई बार बदली। ग़ुस्सा भी आया... स्थिति हास्यास्पद थी... बीच प्रोजेक्ट में पापा को आकर कहना पड़ा...ग़ुस्सा मत करो, थोड़ा धीरज रखो, वैज्ञानिक भी इतने कम वक़्त में कुछ नहीं बना पाते। कोई भी परफेक्ट नहीं हैं और ग़लतियाँ तो सबसे होती हैं!"*

साथियों के साथ चर्चा

सत्र के एक फैसिलिटेटर ने डिज़ाइन में महत्त्वपूर्ण बदलावों पर ध्यान दिया, जिन्हें दिव्या ने एक डिजिटल व्हाइटबोर्ड पर योजनाबद्ध तरीक़े से वर्णित किया था, जो उसके साथियों को दिखाई दे रहा था (**चित्र-2अ** देखें)। इसका उपयोग समय-समय पर समूह चर्चाओं को संचालित करने के लिए किया गया। यहाँ दो उदाहरण दिए गए हैं जो चर्चा की प्रकृति दर्शाते हैं :

(क) विद्युतदर्शी के **काम करने के सिद्धान्त** पर **:** दिव्या के मॉडल के प्रदर्शन के बाद, समूह से पूछा गया कि क्या किसी कारण के बारे में सोच सकते हैं कि आवेशित वस्तु के आस-पास आने पर एल्युमीनियम की पत्तियों ने विक्षेपण क्यों दिखाया। एक विद्यार्थी, अमित ने वास्तविक जीवन के उदाहरण से जोड़कर बताया कि मॉडल कैसे काम कर सकता है : *"जब हम प्लास्टिक स्केल को कपड़े जैसी किसी चीज़ से रगड़ते हैं, तो प्लास्टिक स्केल में कुछ आवेश होगा... यह होगा ऋणात्मक या धनात्मक। जब हम प्लास्टिक के स्केल को ताँबे के तार के पास लाते हैं, तो आवेश ताँबे के तार से होकर एल्युमीनियम पन्नी तक पहुँच जाएगा... और एल्युमीनियम पन्नी में भी वही आवेश होगा...जैसे अगर स्केल में ऋणात्मक आवेश है...तो वही आवेश एल्युमीनियम पन्नी में स्थानान्तरित हो जाएगा और (दो) ऋणात्मक आवेश एक-दूसरे से विकर्षित होंगे। इसलिए एल्युमीनियम पन्नी विक्षेपित हो जाती है।"*

जब विद्यार्थियों से यह पूछा गया कि क्या वे विद्युतदर्शी का उपयोग करने के अपने अनुभव को किसी अन्य वास्तविक जीवन के अनुभव से जोड़ सकते हैं जिसमें आवेश शामिल हो। एक अन्य विद्यार्थी, अर्जुन ने अपनी माँ के साथ अपनी बातचीत को याद किया जब वह दीवार पर एक गुब्बारा चिपकाना चाहता था : *"मैं दीवार पर गुब्बारा चिपकाना चाहता था। मेरी माँ ने कहा कि मुझे गुब्बारे को टेप से नहीं चिपकाना चाहिए क्योंकि दीवारें ख़राब हो जाएँगी... उन्होंने कहा कि अगर मैं गुब्बारे को अपने सिर पर रगड़ता हूँ, तो यह दीवार से चिपक जाएगा।"*

अमित और अर्जुन दोनों यह पहचान पाए कि दिव्या की डिज़ाइन में एल्युमीनियम पन्नी का विक्षेपण उस आवेश के कारण था जो आवेशित वस्तु से पन्नी तक (ताँबे के तार के माध्यम से) जाता है। शायद यही कारण है कि, जब मिलते-जुलते अवलोकन साझा करने के लिए कहा गया, तो उन्होंने ऐसे उदाहरण दिए जहाँ इसी तरह आवेश का स्थानान्तरण हुआ था (**चित्र-2ख**, **2ग** देखें)।

(ख) दिव्या के मॉडल में स्ट्रॉ के विकल्पों पर : दिव्या द्वारा अपने डिज़ाइन में बदलाव करने के लिए उपयोग की गई विभिन्न सामग्रियों को साझा करने के बाद, विद्यार्थियों से पूछा गया कि क्या उसके मॉडल में स्ट्रॉ की बजाय धातु, कार्डबोर्ड या प्लास्टिक पेन की बॉडी का उपयोग किया जा सकता है। एक विद्यार्थी अनुज ने ज़ोर देकर कहा कि धातु की बॉडी काम नहीं करेगी। उसने इसके लिए एक कारण भी दिया : *"मुझे लगता है कि प्लास्टिक की रीफिल काम करेगी, लेकिन धातु की नहीं। क्योंकि जब हम अपने विद्युतदर्शी का परीक्षण करने की कोशिश करते हैं, तो विक्षेपित करने के लिए ऊर्जा (आवेशित सामग्री से) को एल्युमीनियम पन्नी में स्थानान्तरित करने की आवश्यकता होती है। धातु की रीफिल उस सारी ऊर्जा को सोख लेगी और...और पन्नी (आवेशित सामग्री पर) प्रतिक्रिया नहीं करेगी।"* दिव्या ने भी कहा कि प्लास्टिक बॉडी काम करेगी : *"दोनों सामग्रियाँ (जो मैंने अपनी डिज़ाइन में इस्तेमाल कीं) प्लास्टिक से बनी हुई हैं...मूल रूप से, मैंने प्लास्टिक स्ट्रॉ और प्लास्टिक पेन रीफिल का इस्तेमाल किया है।"* वह अनुज के विचार से भी असहमत थी : *"मुझे नहीं*

लगता कि प्लास्टिक धातु से अलग तरह से काम करेगा।''

यहाँ हमने कुछ ही प्रतिभागियों की प्रतिक्रियाएँ साझा की हैं, लेकिन कई अन्य विद्यार्थियों ने दिव्या की सामग्री की खोज के साथ-साथ आवेश और आवेश स्थानान्तरण/ प्रवाह के बारे में अमित और अर्जुन के विचारों पर चर्चा में भी योगदान दिया।

चलते-चलते

विद्युतदर्शी सत्रों ने ऑनलाइन माहौल के लिए एक मॉडल आधारित विज्ञान गतिविधि को फिर से डिज़ाइन करने का एक सम्भावित तरीक़ा पेश किया। शुरुआत में हमने दिव्या को मॉडल-निर्माण और परीक्षण के अपने अनुभव साझा करने के लिए आमंत्रित किया। उसके मॉडल बनाने की प्रक्रिया में घर का सहयोगी वातावरण एक महत्त्वपूर्ण कारक के रूप में उभरा। विभिन्न सामग्रियों की खोज में परिवार वालों की मदद और मॉडल बनाने के विभिन्न चरणों में उनके प्रोत्साहन ने दिव्या को अपनी खोजबीन जारी रखने में मदद की। हमने दिव्या के साथियों को उसकी सामग्री और डिज़ाइन विकल्पों पर विचार करने के साथ-साथ चर्चा के लिए प्रासंगिक किसी भी अनुभव को साझा करने के लिए प्रोत्साहित करके इस बातचीत को आगे बढ़ाया। भले ही वे घर पर मॉडल नहीं बना सके, लेकिन इसने बाक़ी विद्यार्थियों को दिव्या के मॉडल का बारीक़ी से अवलोकन करने का मौक़ा दिया। इसके बाद हुई चर्चाओं में कुछ वैकल्पिक अवधारणाएँ भी उजागर हुईं। उदाहरण के लिए, कुछ प्रतिभागियों ने आवेशित कणों द्वारा बलों की कार्रवाई को समझाने के लिए 'प्रतिक्रिया', 'आकर्षण' या 'विकर्षण' शब्द का इस्तेमाल किया। इसके विपरीत, अन्य विद्यार्थियों ने यह समझाने के लिए कि विक्षेपण आवेश के परिमाण के साथ कैसे भिन्न होता है, बिल्कुल सही शब्दों का उपयोग किया। इस प्रकार, पूर्व-निर्धारित लक्ष्यों और प्रक्रियाओं के साथ शुरू करने की बजाय, इन सत्रों ने समूह के अनुभवों और फैसिलिटेटर्स की थोड़ी-सी मदद से विज्ञान समझाने की कोशिश की। हमारे संकेतों ने चर्चाओं को सुचारू रूप चलाने में मदद की और सत्रों को अधिक विद्यार्थी-केन्द्रित बनाया।

इस अनुभव को मद्देनज़र रखते हुए, हम सुझाव देते हैं कि एक ऐसा साझा स्थान बनाना महत्त्वपूर्ण है जो विद्यार्थियों को प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से मॉडल-डिजाइनिंग में भाग लेने के लिए आमंत्रित करता है। इन सत्रों में वर्णित चर्चाओं से शिक्षकों को विज्ञान की खोज के साथ विद्यार्थियों के जुड़ाव को समझने और उनके अनुभवों का उपयोग करने में मदद मिल सकती है।

मुख्य बिन्दु

- राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (NCF) 2005 उच्च-प्राथमिक और माध्यमिक स्तरों पर विज्ञान शिक्षण में 'तकनीकी मॉड्यूल डिज़ाइन करने के लिए हाथों से काम करने' के महत्त्व पर ज़ोर देती है।
- विद्यार्थियों को विद्युतदर्शी जैसे सरल उपकरणों के मॉडल बनाने और उनका परीक्षण करने के लिए आमंत्रित करने से उनकी अवधारणात्मक समझ में सुधार हो सकता है।
- एक सहयोगी वातावरण में उनकी सामग्री और डिज़ाइन विकल्पों के आस-पास साथियों के साथ चर्चा को प्रोत्साहित करने से वैज्ञानिक प्रक्रिया के लिए पूछताछ की भावना और उसके लिए प्रशंसा का माहौल निर्मित करने में मदद मिल सकती है।
- इस तरह के अभ्यास विद्यार्थियों को धैर्य, अवलोकन कौशल, आलोचनात्मक सोच और साथियों के साथ सहयोग करने और उनसे प्रतिक्रिया प्राप्त करने की क्षमता विकसित करने में मदद कर सकते हैं - ये सभी विज्ञान में महत्त्वपूर्ण हैं।

Notes:

1. The electroscope project was introduced via the Metastudio website to the students. Metastudio (metastudio.org/) is an open-to-all and free-to-participate platform designed at Gnowledge Lab, HBCSE. Once registered, students can document their ongoing STEM projects, participate in discussions, as well as receive feedback from the rest of the community.
2. At the time of this activity, the Metastudio post related to the electroscope had some previously documented designs, contributed by community members. These designs can help seed initial ideas about how students may pursue or even document their investigations. For more details, visit: *https://metastudio.org/t/build-your-own-electroscope/3730.*
3. Source of the image used in the background of the article title: Static electricity. Credits: LaSombra, Flickr. *URL: https://www.flickr.com/photos/la_sombra/6036168427/. License: CC-BY.*

रवि सिन्हा STEM शिक्षा अनुसन्धान के क्षेत्र में काम करते हैं। वे होमी भाभा सेंटर फ़ॉर साइंस एजुकेशन-टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ़ फंडामेंटल रिसर्च (HBCSE-TIFR), मुम्बई में 'लर्निंग साइंस रिसर्च' और 'मेकर्सस्पेस' समूहों का हिस्सा थे। उन्हें खिलौनों, खेलों और मज़ेदार गतिविधियों की खोज करना पसन्द है; साथ ही उन्हें सीखने को अधिक आकर्षक बनाने के लिए इनका उपयोग करने के नए तरीक़े ढूँढ़ना भी पसन्द है।

आशीष कुमार परदेसी को गणना और जाँच के साथ शैक्षिक खिलौनों को डिज़ाइन करना और बनाना पसन्द है। उन्होंने HBCSE-TIFR, मुम्बई में मेकर्स स्पेस, नॉलेज लैब की स्थापना की और उसमें काम किया।

दीपा चारी एचबीसीएसई-टीआईएफआर, मुम्बई में फैकल्टी हैं। उनका शोध विद्यार्थियों की STEM पहचानों और संस्थागत और शैक्षणिक प्रथाओं के ज़रिए इन पहचानों को समृद्ध करने पर केन्द्रित है। दीपा विज्ञान प्रतिभा की समन्वयक हैं। विज्ञान प्रतिभा एचबीसीएसई में एक राष्ट्रीय स्तर का कार्यक्रम है जो विद्यार्थियों के विकास और विज्ञान और गणित में शिक्षक क्षमता निर्माण के लिए समर्पित है।

अनुवाद : अनमोल जैन **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

खाने के ज़रिए जैव-विविधता से जुड़ना

राधा गोपालन

जैव-विविधता की अवधारणा को आमतौर पर माध्यमिक कक्षाओं में वन, वन्य जीव और संरक्षित क्षेत्र के सन्दर्भ में पढ़ाना शुरू किया जाता है। लेकिन क्या यह सम्भव है कि इस अवधारणा को हमारे स्थानीय खाद्य तंत्र में विविधता से जोड़ते हुए पढ़ाया जाए?

कक्षा-8 की पाठ्यपुस्तक के 'पौधे एवं जन्तुओं का संरक्षण' पाठ में जैव-विविधता की अवधारणा इस प्रकार प्रस्तावित की गई है : *"पृथ्वी पर पाए जाने वाले विभिन्न जीवों की प्रजातियाँ, उनके पारस्परिक सम्बन्ध एवं पर्यावरण से उनका सम्बन्ध।"* इस परिभाषा के साथ ऊष्णकटिबन्ध जंगलों एवं संरक्षित क्षेत्रों में बड़े वन्य जीवों की तस्वीरें भी प्रस्तुत की गई हैं। कई विद्यार्थियों को ये उदाहरण उनके असल दुनिया के अवलोकनों व अनुभवों से अनजान प्रतीत हो सकते हैं। जैव-विविधता से सम्बन्ध स्थापित करने का यह अमूर्त तरीक़ा, इस धारणा की उनकी समझ को महज़ शब्दों को जानने व परीक्षाएँ उत्तीर्ण करने के लिए इसकी परिभाषा को याद रखने तक सीमित कर सकता है। इसलिए शिक्षकों के लिए मुख्य चुनौती विद्यार्थियों के लिए ऐसे रास्ते खोजना है जिनसे वे अपने अनुभव किए हुए स्थानीय सन्दर्भों के ज़रिए जैव-विविधता से सम्बन्ध स्थापित कर पाएँ।

मैं इस लेख में कुछ अधिगम अनुभव साझा कर रही हूँ जिनसे पता चलता है कि ग्रामीण आन्ध्र प्रदेश के एक स्थानीय ज़िला परिषद हाई स्कूल (ZPHS) में कैसे शिक्षक व विद्यार्थी अपनी स्थानीय खाद्य प्रणालियों की विविधता का अन्वेषण कर इस चुनौती को सम्बोधित करते हैं।

एक अर्ध-बंजर भूदृश्य में जैव-विविधता

आन्ध्र प्रदेश के रायलसीमा के अर्ध-बंजर क्षेत्र में बसा ZPHS क्षुपभूमि घासों, टीलों, खेतों और छोटे-छोटे सूखे पतझड़ी जंगलों से की गई किसी पच्चीकारी से घिरा हुआ है (देखें **चित्र**-1)। इसके विद्यार्थी गड़रियों और छोटे

चित्र-1 : रायलसीमा का अर्ध-बंजर भूदृश्य।
Credits: Radha Gopalan. License: CC-BY-NC.

कृषकों के एक ग्रामीण समुदाय से ताल्लुक़ रखते हैं। हमारी एक छोटी टोली, जो कि उस क्षेत्र के एक आवासीय स्कूल में रहती व पढ़ाती थी, ZPHS के शिक्षकों के साथ पाठ योजनाएँ और शिक्षण संसाधनों तैयार करने में सहयोग करते हुए उनके साथ क़रीब से काम करती थी।

हमारी एक चर्चा के दौरान, कक्षा-8 के जीवविज्ञान शिक्षक ने अन्तर्राष्ट्रीय जैव-विविधता दिवस के मौक़े पर एक सार्वजनिक प्रदर्शनी आयोजित करने में हमारी मदद माँगी। उन्होंने बताया कि किस तरह उनके विद्यार्थी जैव-विविधता की अवधारणा से जुड़ने में असमर्थ थे क्योंकि उन्होंने उनकी पाठ्यपुस्तक में इस अवधारणा से जुड़े किसी भी उल्लेखित पौधों या प्राणियों को नहीं देखा था। इसलिए वे उन्हें उस क्षेत्र के सूखे पतझड़ी जंगलों के स्थानीय वृक्षों की प्रजातियों से अवगत कराना चाहती थीं। इस उद्देश्य से, वे हमारे आवासीय स्कूल की नर्सरी से कुछ वृक्ष प्रजातियों के अच्छे से वृद्धि किए हुए पौधे उधार लेना चाहती थीं, ताकि उनके विद्यार्थी उन्हें सार्वजनिक प्रदर्शनी में प्रस्तुत कर सकें। अपनी प्रस्तुति की तैयारी करने में, विद्यार्थियों को उन प्रजातियों के बारे में और स्थानीय जंगल एवं भूदृश्य में उनकी भूमिका के बारे में और जानने का मौक़ा मिलेगा।

उस दौरान, हम स्थानीय समुदाय के साथ उनकी पारम्परिक खाद्य प्रणालियों की विविधता को समझने व उसका दस्तावेज़ीकरण करने के लिए चर्चा कर रहे थे। इससे हमें शिक्षक को एक विकल्प सुझाने का विचार आया - कैसा होगा यदि उनके विद्यार्थी स्थानीय खाद्य फ़सलें, सब्ज़ियाँ, पत्तेदार साग, बेर, फल आदि की विविधता प्रदर्शित करने की तैयारी करें? यह विद्यार्थियों के लिए अपनी पाठ्यपुस्तकों की अवधारणाओं को असल-दुनिया के अनुभवों से जोड़ने का एक बढ़िया तरीक़ा होगा। यह उन्हें उनके अपने समुदाय में गढ़ी कृषि जैव-विविधता के ज्ञान और जिये हुए अनुभव को प्रस्तुत करने का भी मौक़ा देगा।

जीवविज्ञान शिक्षक के साथ-साथ इस प्रदर्शनी के लिए मदद करने वाले अन्य शिक्षक भी इसे आज़माने के लिए इच्छुक थे। उन्होंने विद्यार्थियों के साथ काम करने के लिए योजना बनाने में, जानकारी इकट्ठी करने में और प्रदर्शनी लगाने में हमारी मदद माँगी। भले ही विद्यार्थी कक्षा-कक्ष में पढ़ाई गई जैव-विविधता से इसे तुरन्त जोड़ने में असमर्थ थे, तब भी उन्होंने इस आईडिया का बहुत उत्साह और ढेर सारे सवालों से स्वागत किया। प्रदर्शनी की योजना बनाने की प्राथमिकता के चलते, हम तैयारियों के बाद विद्यार्थियों के सवालों पर लौटने के लिए राज़ी हुए।

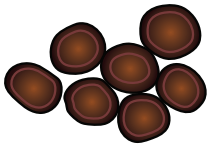
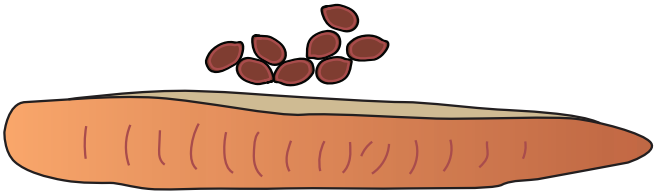
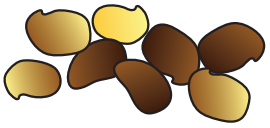
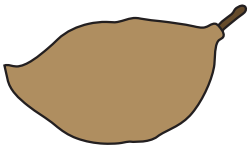
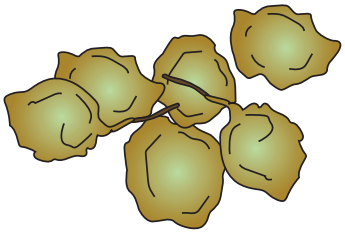
योजना से तैयारी तक

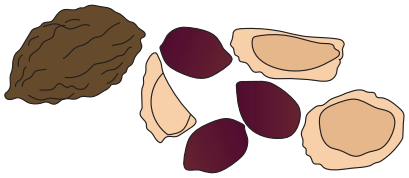
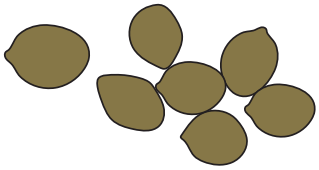
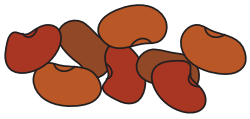
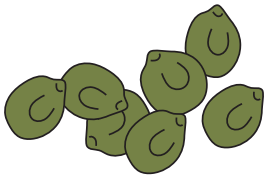
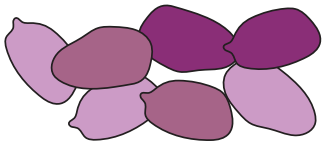
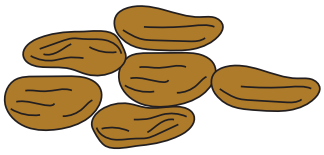
कक्षा-8 के विद्यार्थी उस क्षेत्र के आठ गाँवों

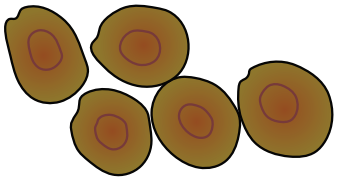
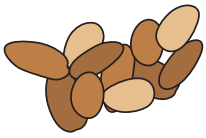
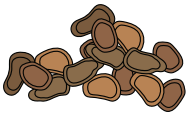
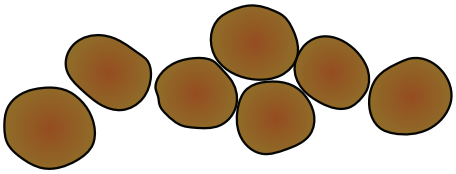
बॉक्स-1: **इस क्षेत्र के खाद्य पादपों में विविधता**

इस क्षेत्र की पारम्परिक खाद्य प्रणाली खाद्य फ़सलों (मोटा अनाज जैसे बाजरे, दालों, तिलहनों और शुष्कभूमि की धानों), जड़ी-बूटियों, यहाँ-वहाँ स्वतः उग गई खाद्य सागों, लौकी-गिलकी वग़ैरह और बेरियों की एक विविध श्रेणी से बनी थी। इनमें से कुछ उगाई जाती थीं और बाक़ी आस-पास से बीनी या इकट्ठी की जाती थीं (यानी बिना खेती किए प्राप्त की जाती थीं)। इस क्षेत्र के किसी विशेष हिस्से में पाई जाने वाली खाद्य फ़सलें, उस हिस्से की स्थलाकृति, मिट्टी की अवस्था और जल की उपलब्धता पर निर्भर करती थीं। पहाड़ियों में, उदाहरण के तौर पर, लोग शुष्क भूमि धान, तिलहन, बाजरे की सात-आठ क़िस्म, ग्वार फली और साथ ही कई तरह की मिर्च और कद्दू कुल की सब्ज़ियाँ जैसे लौकी-गिलकी-करेला वग़ैरह उगाते थे; और कई जंगली खाद्य पत्तेदार साग, कन्द और बेरियाँ बीनते थे। इसके उलट, समतल मैदानों में लोग टमाटर, मिर्च, बैंगन, कद्दू कुल की कुछ ही सब्ज़ियाँ व बाजरे की तीन-चार क़िस्म उगाते थे; और खेतों, मेढ़ों और ग़ैर-कृषि क्षेत्रों से कई जंगली खाद्य पत्तेदार साग इकट्ठी किया करते थे।

तालिका-1 : स्थानीय रूप से पाए जाने वाले विभिन्न वृक्षों के बीज : एक किसान का संग्रह

क्रमांक	वानस्पतिक नाम	तेलुगू नाम	बीज का चित्र
1.	*Acacia nilotica* अकेसिया निलोटिका	Nalla thumma नाला तुम्मा	
2.	*Leucaena leucocephala* ल्यूकिना ल्यूकोसिफाला	Kanti subabul कान्टि सुबबूल	
3.	*Dalbergia paniculata* डालबर्जिया पेनिकुलाटा	Pachari पचारी	
4.	*Acacia leucophloea* अकेसिया ल्यूकोफ्लोआ	Tella thuma तेल्ला तुम्मा	
5.	*Hemidesimus indicus* हेमिडेसिमस इंडिकस	Pala पला	
6.	*Pongamia pinnata* पोंगेमिया पिनाटा	Kaanuga कानूगा	
7.	*Pterocarpus santalinus* टेलोकार्पस सेंटेलिनस	Rakta chandana रक्त चन्दन	

क्रमांक	वानस्पतिक नाम	तेलुगू नाम	बीज का चित्र
8.	*Zizyphus jujube* ज़िज़िफस जुजुबा	Reni रेनी	
9.	*Elangium salvifolium* इलान्जियम सेल्विफोरियम	Ooduga उडुगा	
10.	*Wrightia tinctoria* राइटिआ टिंक्टोरिया	Palavareni पलवरेनी	
11.	*Seisbania grandiflora* सीसबेनिया ग्रांडिफ्लोरा	Avisi अविसी	
12.	*Acacia catechu* अकेशिया केटेकू	Sandra सन्द्रा	
13.	*Syzygium cumini* सिज़िजियम क्यूमिनी	Alli Neradu अल्ली नेरुडु	
14.	*Azadirachta indica* अज़ाडिरेक्टा इंडिका	Vepa वेपा	

क्रमांक	वानस्पतिक नाम	तेलुगू नाम	बीज का चित्र
15.	*Melia dubia* मेलिया डुबिया	Pedda vepa पेड्डा वेपा	
16.	*Albizzia lebbeck* एल्बिज़िया लेबेक	Pedda Sandra पेड्डा सन्द्रा	
17.	*Albizzia amara* एल्बिज़िया अमारा	Chigara शिगारा	
18.	*Annona squamosa* अनोना स्क्वैमोसा	Sitapalam सीतापलम	
19.	*Calotropis gigantea* कैलोट्रॉपिस गिगांटे	Jilledu जिल्लइड़ी	
20.	*Litsea glutinosa* लिटसी ग्लूटिनोसा	Nara mamidi नर मामिड़ि	
21.	*Boerhavia diffusa* बेरेविया डिफ्यूज़ा	Punarnava पुनर्नवा	

से आते थे। कुछ गाँव पहाड़ियों पर थे, तो कुछ घाटियों में। यह स्थलाकृति भूजल की उपलब्धता, वर्षा के पैटर्न, मिट्टी के प्रकार और क़रीबी नगर-बाज़ार की पहुँच को प्रभावित करती थी। फलस्वरूप, इन गाँवों में उगाई जाने वाली फ़सलों, उन्हें उगाने के तरीक़ों और उनके द्वारा पाले जाने वाले जानवरों की नस्लों में फ़र्क़ देखा जा सकता था (देखें **बॉक्स-**1)। प्रदर्शनी में क्या-क्या शामिल किया जाए, इस पर शिक्षकों और विद्यार्थियों के बीच हुई लम्बी चर्चा के बाद, इस बात पर रज़ामन्दी हुई कि प्रत्येक विद्यार्थी पारम्परिक या स्थानीय अनाज, सब्ज़ियों, खाद्य सागों और उनके घरों में उपलब्ध फलों के बीजों के नमूने लाएगा। उनसे ख़ासतौर पर कहा गया था कि व्यावसायिक बीज न लाएँ। विद्यार्थियों को प्रत्येक बीज की जानकारी लेने और उसे अपनी नोटबुक में दर्ज़ करने के लिए अपने पालकों व गाँव के अन्य बड़े-बुज़ुर्गों से सलाह लेने के लिए भी प्रोत्साहित किया गया था।

प्रदर्शनी की तैयारी ज़ोर-शोर से शुरू हुई। विद्यार्थी मोटे अनाज, शुष्क भूमि के धान, तिलहन, पत्तेदार खाद्य साग, कद्दू कुल की सब्ज़ियों व अन्य सब्ज़ियों की तरह-तरह की क़िस्मों के बीज लाने लगे। प्रत्येक विद्यार्थी द्वारा इकट्ठा की गई जानकारी के साझा किए जाने पर शिक्षक इस बात से हैरान थे कि समुदाय में कितना सारा ज्ञान मौजूद है और कितनी आसानी से विद्यार्थी उससे सम्बन्ध स्थापित कर पा रहे थे। उसी तरह, जब विद्यार्थियों ने कई प्रकार के बीजों और जानकारी के भण्डार का अवलोकन किया तो वे भी उन दोनों की विविधता से हैरान थे, भले ही वह विविधता किसी एक गाँव की ही क्यों न हो (देखें **तालिका-**1)। उनके द्वारा दस्तावेज़ीकृत जानकारी का काफ़ी हिस्सा उनके अपने असल-दुनिया के अवलोकनों और अनुभवों से आया था।

बॉक्स-2: **मिट्टी की उर्वरता और स्थानीय पौधों के प्रकारों को संरक्षित रखने के लिए स्थानीय कृषि सम्बन्धी क्रियाएँ**

चूँकि अधिकतर खेत छोटे थे (एक एकड़ से कम से लेकर दो एकड़ तक), स्थानीय समुदाय ने ऐसे तरीक़े विकसित किए थे जिनसे भोजन, घास और मोटा चारा अधिक-से-अधिक उगाया या प्राप्त किया जा सके। ज़मीन के एक ही टुकड़े पर विविध पौधे (अनाज, दालें, तिलहन, सब्ज़ियाँ) उगाने के लिए, वे बहुफ़सली खेती और/ या अन्तरफ़सली जैसे तरीक़ों का इस्तेमाल करते थे (देखें **चित्र-2**)। इसका अर्थ है कि कुछ फ़सलें जोड़ी में एक साथ उगाई जाती हैं, जैसे मोटे अनाज की कुछ फ़सलों को फलीदार पौधों जैसे अरहर, तिलहन या सब्ज़ियों के साथ उगाया जाता है। एक अन्य तरीक़े में, बीजों को उनके छोटे-बड़े आकार के आधार पर अलग-अलग गहराई में बोया जाता था। उदाहरण के लिए, रागी के छोटे बीजों को बेहतर अंकुरण के लिए सतह के क़रीब बोया जाता था, जबकि कोदो के बड़े बीजों को अधिक गहराई में बोया जाता था ताकि उनकी नाज़ुक जड़ें अंकुरण के वक़्त ज़मीन से बाहर न आएँ।

मिट्टी की सेहत के जीर्णोद्धार के लिए इस्तेमाल किए जाने वाले पारम्परिक अभ्यासों में खाद डालना, मिट्टी की नमी को छायादार फ़सलों या पलवार से ढँककर सुरक्षित रखना और फ़सलों के विकल्पों में मौसमी परिवर्तन करना शामिल था। इनमें से कई कृषकों को पत्तियों के रूप और बनावट देखकर पौधों पर किए जाने वाले विशेष कीट-आक्रमण पहचानना, तनों और डण्ठलों में सूजन या फफूँद की उपस्थिति पहचानना इत्यादि आता था। इस कृषक समुदाय ने इनमें से कुछ कीटों को सम्भालने के लिए क्रियाएँ व नियमन विकसित किए थे। इनमें से कई क्रियाओं के अन्तर्गत कीट, कीड़े, रेंगने वाले जन्तु, मेंढक और पक्षी खेतों में पनपने के लिए आज़ाद थे; और इनमें से कुछ तो फ़सल-कीटों को क़ाबू में रखने में मदद करते थे। चूँकि खेती से जुड़े पशु (जैसे मवेशी, बकरियाँ और भेड़ें) उस क्षेत्र के जंगलों और टीलों पर चरते-विचरते थे, तो उनके गोबर में स्थानीय जंगली जड़ी बूटियों की क़िस्मों (जिनकी खेती नहीं की जाती) के बीज होते थे, फलस्वरूप खेतों में ये पौधे भी उग जाते थे।

चित्र-2 : एक खेत में जहाँ न्यूनतम निंदाई की जाती है वहाँ अनाज, तिलहन और सब्ज़ियों की बहुफ़सली खेती।
Credits: G. Nandakumar. License: CC-BY-NC.

निंदाई बेहद कम थी और आमतौर पर स्थानीय औरतों द्वारा खाने के लिए खाद्य सागों की कटाई का रूप ले लेती थी। रामबाँस (तेलुगू में कालामन्द) की स्थानीय क़िस्मों का बाड़े लगाने में इस्तेमाल किया जाता था और मज़बूत ग़ैर-देशी क़िस्मों (जैसे *Seisbania grandiflora*) का इस्तेमाल हवा से बचने और पलवार के रूप में किया जाता था। इस तरह, पारम्परिक तरीक़ों की मदद से कई स्थानीय और बाहरी अखाद्य पौधों का संरक्षण किया जाता था। इन तरीक़ों के पीछे वह ज्ञान था जो कि पीढ़ियों से किए जा रहे निरन्तर अवलोकन और प्रयोगों से सीखकर इस समुदाय द्वारा विकसित किया गया था।

चित्र-3 **:** मवेशियों और बकरियों की जीवट प्रजातियाँ जिन्होंने पानी की कमी वाले, गर्म और सूखे भूदृश्य के अनुकूल ख़ुद को ढाल लिया है। **(क)** में मवेशियों की हल्लीकर नस्ल दिखाई दे रही है जो शुष्कभूमि की कृषि और दूध के लिए पाले जाते हैं। **(ख)** में दिख रही (काली और सफ़ेद) भेड़ें, प्रमुख रूप से मांस के लिए पाली जाने वाली बालों वाली एक स्थानीय नस्ल की हैं। उसी तरह, **(ख)** में दिख रही (काली) बकरियाँ, मांस के लिए पाली जाने वाली एक स्थानीय नस्ल की हैं। चूँकि पशुओं की इन नस्लों को कम संसाधनों की ज़रूरत पड़ती है, इस नाज़ुक संसाधनों के इलाक़े में इनका बहुत मूल्य है, ख़ासतौर पर जलवायु और संसाधनों की उपलब्धता की बढ़ती अनिश्चितता के समक्ष।
Credits: G. Nandakumar. License: CC-BY-NC.

उदाहरण के लिए, कई विद्यार्थी अपने परिवार की खेती में मदद किया करते थे; और वे जानते थे कि कैसे बीजों को चुना जाता है, संग्रहित किया जाता है और बुआई से पहले कैसे उनकी व्यवहार्यता का जायज़ा लिया जाता है। वे खेती की कई पारम्परिक प्रथाओं से भी अवगत थे, जिनका इस्तेमाल उनकी मिट्टी व पौधों की स्थानीय प्रजातियों की उर्वरता को संरक्षित करने में किया जाता है।

एक साझा समझ पर पहुँचना

प्रदर्शित की जाने वाली सामग्री प्रदर्शनी के दो दिन पहले ही तैयार थी। विद्यार्थियों ने बीजों को छोटे बर्तनों में सँजो लिया था, उन्हें लेबल कर लिया था, बीजों के उगने पर तैयार होने वाले पौधों के रंगीन चित्र उकेर लिए थे व उनके द्वारा जुटाई गई सारी जानकारी चार्ट पर रिकॉर्ड कर ली थी। अब समय था विद्यार्थियों के सवालों पर लौटने का, कि किस तरह उनके द्वारा प्रदर्शित की जा रही सामग्री (उनकी खाद्य प्रणाली में योगदान देने वाले स्थानीय पौधे), जैव-विविधता पर उनकी पाठ्यपुस्तक में दी गई परिभाषा से जुड़ी हुई थी (जो कि उनकी प्रदर्शनी की थीम भी थी)।

बॉक्स-3 : प्रदर्शनी पर आगन्तुकों की प्रतिक्रिया

"यह पहली बार है जब मैंने अपने विद्यार्थियों को इतने आत्मविश्वास के साथ स्वयं को अभिव्यक्त करते हुए देखा है। (ख़ासतौर पर) प्रश्नों के उत्तर देने का उनका तरीक़ा। उन्होंने मिट्टी, पानी, मौसमों और उनके द्वारा उगाए जाने वाले खाने के बीच के सम्बन्धों को इतने अच्छे ढंग से समझाया कि मैं बहुत हैरान हो गई!" - कक्षा-8, विज्ञान शिक्षक

"मुझे विश्वास ही नहीं हुआ कि ये हमारी कक्षा-8 के विद्यार्थी थे। वे अपनी प्रदर्शित सामग्री से जुड़े सभी प्रश्नों के उत्तर दे पा रहे थे। उन्हें यह सब आख़िर कैसे पता था? इसमें से बहुत-सी जानकारी उनकी विज्ञान की पाठ्यपुस्तक से नहीं है।" – प्रधानाध्यापक, ZPH स्कूल

"हममें से तीन-चार सभी प्रश्नों के उत्तर दे रहे थे, जैसे हम एक ही खेत में बाजरा, अरहर और तिलहन क्यों उगाते हैं, कैसे यह मिट्टी और भूजल को सुधारता और सुरक्षित करता है, कैसे कई अलग-अलग क़िस्मों के पत्तों से बने पलवार और हरी खाद मिट्टी के बैक्टीरिया और फफूँद के लिए ज़रूरी होते हैं। जब हम यह सब समझाते जा रहे थे, ये मेरे लिए और भी अधिक स्पष्ट होते गए।" – कक्षा-8 की विद्यार्थी

"कक्षा-9 की विद्यार्थी होने के नाते, हमारी जैव-विविधता को हम क्यों और कैसे सुरक्षित कर सकते हैं, इस बारे में इतना कुछ जानकार मैं बहुत हैरान हुई। हमारी पढ़ाई के हिस्से के तौर पर हमें ऐसी और भी गतिविधियाँ करनी चाहिए...।" – कक्षा-9 की विद्यार्थी

"हम कभी स्कूल नहीं गए। तो जब मेरे पोते ने मुझे बताया कि हमारी कहानियाँ, हमारे बीज जीव-विविधता पर एक प्रदर्शनी में प्रस्तुत होंगे तो मुझे बहुत जिज्ञासा हुई। हमारे जीवन में जीव-विविधता की अहमियत को उन्होंने कितनी अच्छी तरह समझा है। उन्हें उनके भविष्य के लिए इसकी ज़रूरत है...।" – एक विद्यार्थी की दादीजी

"मैंने केवल कक्षा-7 तक पढ़ाई की है और थोड़ा-बहुत विज्ञान पढ़ा है पर उसका हमारी खेती, हमारे काम और जीवन से कोई सम्बन्ध नहीं रहा। आज मैंने हमारे बच्चों से सीखा कि किस तरह बीजों, स्थानीय पौधों, हमारी खाद्य संस्कृति, हमारे पशुओं की नस्लों का हमारा ज्ञान, उनके द्वारा स्कूल में सीखे जा रहे विषयों और वह भी विज्ञान से जुड़ा हुआ है...।" – एक विद्यार्थी की माँ

हमने चर्चा की शुरुआत सीमान्त मिट्टी में उगने व गर्मी और सूखा सहने की अपनी क्षमता के कारण स्थानीय परिस्थितियों के अनुकूल उगने वाली बाजरे और लौकी की कई प्रजातियों की सूची बनाने से की। हमने कई सब्ज़ियों, दालों और तिलहनों की स्थानीय प्रजातियों, जिनमें स्थानीय कीटों के विरुद्ध प्रतिरोधक क्षमता विकसित हुई है, पर भी चर्चा की। इससे चर्चा का रुख़ इस ओर हुआ कि कैसे पहाड़ियों पर उगाई जाने वाली फ़सलों की क़िस्में, समतल मैदानों में उगाई जाने वाली फ़सलों की क़िस्मों से अलग थीं।

इससे विद्यार्थियों और शिक्षकों को इस पर अन्वेषण करने का मौक़ा मिला कि किस तरह एक ही क्षेत्र में अलग-अलग जगह पर मिट्टी, बारिश और सूक्ष्म-जलवायु में फ़र्क़ होने पर जीवों की विविधता पर असर पड़ता है।

इससे एक नई चर्चा की शुरुआत हुई कि कैसे स्थानीय जुगाली करने वाले जानवरों और मुर्गे-मुर्गियों जैसे पक्षियों की नस्लों ने स्थानीय झाड़ीदार वनस्पतियों के अनुकूल रहना सीख लिया है; और किस तरह वे पानी की कमी को झेलते हुए इस गर्म व सूखे क्षेत्र को सह पाते हैं (देखें **चित्र-3**)। ये सूखा-प्रतिरोधी नस्लें अपने मांस, दूध, खाद और आजीविका के साधनों के रूप में खाद्य प्रणाली में योगदान देती हैं। विद्यार्थी उन अन्य जानवरों के बारे में सोचने लगे जो कि खाद्य फ़सलों को चरते हैं - उनमें वे कीट और पक्षी भी शामिल हैं जो कि उनके खेतों में पाए जाते हैं। क्या ये सब भी स्थानीय जैव-विविधता का हिस्सा हैं? यह वही सवाल था जिसके ज़रिए हम यह समझा पाए कि किस तरह किसी क्षेत्र की जैव-विविधता हमें (इंसानों को) खाना प्रदान करने वाले पौधों और जानवरों की नस्लों के प्रकारों (चाहे वे स्वदेशी हों या व्यावसायिक) के परे, वहाँ पाए जाने वाले सभी तरह-तरह के जीवों और उनके अन्तर्सम्बन्धों में भी मौजूद होती है। और यह कि उसमें वे सभी पौधे (पेड़, घास, झाड़ियाँ - वे भी जिन्हें जंगली घास की तरह देखा जाता है); जानवर (जैसे पक्षी, घोंघे, चमगादड़, कीट - वे भी जिन्हें फ़सलों के कीटों की तरह देखा जाता है); और सूक्ष्मजीव (जैसे बैक्टीरिया और फफूँद - वे भी जिन्हें रोगजनकों की तरह देखा जाता है) भी शामिल हैं जो मिट्टी में रहते और उसका निर्माण करते हैं।

इससे किसी क्षेत्र की जैव-विविधता को आकार देने वाले कई कारकों और परस्पर क्रियाओं पर और इसमें हमारी (मनुष्यों की) भूमिका पर सवाल खड़े हुए। इनके जवाब में, हमने उन तरीक़ों का पता लगाया जिनसे हमारी कई गतिविधियाँ (जिनमें हमारे कृषि व्यवहार, हम हमारे जानवरों को कैसे और कहाँ चराते हैं एवं हम हमारे घर कहाँ बनाते हैं जैसे विषय भी शामिल थे) जीवों के उन तमाम प्रकारों और उनकी क्रियाओं पर असर डालती हैं जिन्हें हम अपने इर्द-गिर्द देखते हैं। समय की कमी के चलते ऐसे विषयों, जैसे खेती वाले क्षेत्रों और खेती-रहित क्षेत्रों में जैव-विविधता के स्वरूप और प्रचुरता में अन्तर या खेती का जैव-विविधता (जो खेती के लिए भूमि को साफ़ करने के पहले मौजूद थी) पर पड़ने वाले असर पर गहन चर्चा का मौक़ा नहीं बन पाया। न ही इस बात का कि इस लेख का उपयोग कर विद्यार्थियों को उनके स्थानीय सन्दर्भों में पाई जाने वाली जैव-विविधता का अन्वेषण करने के लिए प्रोत्साहित करने की चाहत रखने वाले शिक्षक इसे अपनी पाठ योजनाओं में कैसे शामिल कर सकते हैं।

प्रदर्शनी से कक्षा-कक्ष तक

ZPHS के शिक्षकों को महसूस हुआ कि प्रदर्शनी एक बहुत बड़ी सफलता रही (देखें **बॉक्स-3**)। उनके अनुभवों पर चिन्तन करने पर, हम ऐसी कई योजनाओं की पहचान कर पाए जिनसे यह शिक्षा पाठ्यचर्या से जोड़ी जा सकती है। उदाहरण स्वरूप,

बॉक्स-4 : एनसीईआरटी (NCERT) के विज्ञान के पाठ्यक्रम में शामिल विषय जिनका उपयोग विद्यार्थियों की असल-दुनिया के अनुभवों को विज्ञान की कक्षा से जोड़ने में किया जा सकता है।

कक्षा-7 : मृदा — हमारा जीवन

कक्षा-8 : सूक्ष्मजीवी दुनिया (मिट्टी की विविधता), पौधों से खाद्य उत्पादन, पशुओं से खाद्य उत्पादन

कक्षा-9 : प्राकृतिक संसाधन, खाद्य संसाधनों में सुधार

पारम्परिक फ़सलों और खेती की क्रियाओं की जानकारी कक्षा-8 के सामाजिक विज्ञान की पाठ्यपुस्तक के पाठ 'फ़सल उत्पादन एवं प्रबन्धन' से सीधे-सीधे जोड़ी जा सकती है। उसी तरह, कक्षा-7 की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक में जल संसाधनों और जल संरक्षण के बीच के सम्बन्ध को अर्ध-सूखे क्षेत्रों में फ़सलों के विकल्पों, इन विकल्पों पर असर डालने वाले पौधों के अनुकूलन व इन्हें उगाने के तरीक़े से जोड़कर देखा जा सकता है। हम कक्षा-7 से कक्षा-9 तक की पाठ्यपुस्तकों के उन विषयों की भी पहचान कर पाए जिनके लिए ऐसी ही गतिविधियाँ विद्यार्थियों को मिट्टी की उर्वरता, खाद्य उत्पादन और सूक्ष्मजीवी दुनिया के सम्बन्धों को स्थानीय सन्दर्भों में खोजने में मदद कर सकती हैं (देखें **बॉक्स-4**)। आख़िर में प्रदर्शनी की तैयारी और प्रदर्शन में विद्यार्थियों के परिवारों को शामिल करने से, अलग-अलग पीढ़ियों के बीच अधिगम के ऐसे ही और मौक़े बनाने की सम्भावनाएँ खुल पाईं।

चलते-चलते

प्रदर्शनी लगाने के लिए साथ काम करते-करते, ZPHS के विद्यार्थी और शिक्षक स्थानीय खाद्य प्रणालियों और बृहत पर्यावरण के बीच के रिश्ते का अन्वेषण करने की शुरुआत कर पाए। जैव-विविधता को केवल जंगलों और संरक्षित क्षेत्रों पर लागू

होने वाली एक विज्ञान सम्बन्धी अवधारणा के रूप में देखने की बजाय, विद्यार्थी इस विषय को उनके स्थानीय सन्दर्भ और जिये हुए अनुभवों से जोड़ पाए।

इस प्रदर्शनी से ग्रामीण कृषक समुदाय, स्कूली शिक्षकों और विद्यार्थियों के लिए साथ मिलकर काम करने का एक अनूठा मौक़ा तैयार हुआ। ऐसी परियोजनाओं से सीखने के ज़रिए विद्यार्थियों को उनके समुदायों में निहित ज्ञान की क़द्र विकसित करने में मदद मिल सकती है। ज्ञान विभिन्न स्रोतों से प्राप्त किया जा सकता है; इस तथ्य की पहचान करने पर विद्यार्थियों को उनके अधिगम में सक्रिय भागीदार बनने के लिए आत्मविश्वास मिल सकता है। अलग-अलग पीढ़ियों के अधिगम के इस प्रयास के फलस्वरूप, उनकी पारम्परिक खाद्य प्रणालियों की कृषक जैव-विविधता का दस्तावेज़ीकरण करने के लिए, उनके समुदाय के साथ चल रहे हमारे प्रयासों में कई विद्यार्थियों का रुझान बढ़ने लगा। कुछ विद्यार्थियों ने इन चर्चाओं में आना और भाग लेना शुरू किया। उनके इर्द-गिर्द मौजूद ज़मीन, लोग और अन्य जीव, किस तरह एक-दूसरे पर निर्भर करने वाले रिश्तों का एक तंत्र बनाते हैं, इसकी एक गहरी समझ बनाने के बीज इन प्रयासों ने बोए होंगे।

मुख्य बिन्दु

- विद्यार्थियों को उनके अपने समुदाय की खाद्य प्रणालियों और क्रियाओं की पड़ताल में जोड़ने से उन्हें उनके सन्दर्भ में जैव-विविधता को आकार देने वाले कई कारकों और परस्पर क्रियाओं को व उसमें हमारी (मनुष्यों की) भूमिका को समझने में मदद मिलती है।
- पारम्परिक खाद्य उत्पादन पद्धतियों के इर्द-गिर्द अलग-अलग पीढ़ियों के बीच अधिगम के मौक़े बनाने से विद्यार्थियों को उनके समुदायों में बसे ज्ञान का मूल्य समझने में मदद मिल सकती है।
- ऐसी परियोजनाओं पर काम करने से विद्यार्थियों को यह समझने में मदद मिल सकती है कि ज्ञान का निर्माण, कक्षा और जिये हुए अनुभवों, दोनों से ही किया जा सकता है। इससे उन्हें उनके आत्मविश्वास की रचना करने में व अपने अधिगम में एक सक्रिय भागीदार बनने में भी मदद मिल सकती है।

आभार

ZPHS, थेत्तु के विद्यार्थियों और शिक्षकों से जुड़ने का यह मौक़ा, सुरेन्द्र बाबू, जो कि उस स्कूल के प्रधानाध्यापक थे, के उत्साह से मुमकिन हो पाया। मैं उनके शर्त-रहित सहयोग के लिए उनको धन्यवाद देती हूँ। मैं कविता कृष्णा और सन्तोष कुमार को स्कूली विज्ञान शिक्षण के इर्द-गिर्द हुई चर्चा, जिसने इस परियोजना को आकार देने में योगदान दिया, के लिए धन्यवाद देती हूँ। बहुत सारा धन्यवाद कक्षा-8 के विद्यार्थियों और शिक्षकों को, हमारी चर्चाओं में ऊर्जा लाने के लिए और इस प्रदर्शनी को लगाने के लिए।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Local Shandy. Credits: Radha Gopalan. License: CC-BY-NC.

राधा गोपालन एक पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने इंडियन इंस्टिट्यूट ऑफ़ टेक्नोलॉजी बॉम्बे (IITB), मुम्बई से पीएचडी की उपाधि ली है। पर्यावरण सम्बन्धी परामर्श में 18 साल के करियर के बाद, उन्होंने आन्ध्र प्रदेश के ऋषि वैली एजुकेशन सेंटर में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु के स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट में विज़िटिंग फैकल्टी, *आई वंडर...* की सम्पादकीय सदस्य और कुडली इंटरजेनेरशनल लर्निंग सेंटर, तेलंगाना की सदस्य हैं।

अनुवाद : अतुल वाधवानी **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

सोडियम क्लोराइड

डालिया साल्दान्हा

मैं हूँ सोडियम
सारणी में 11वाँ तत्व
मुलायम, रूपहला सफ़ेद, निहायत क्रियाशील
मैं मुक्त अवस्था में मिलता नहीं

मैं क्लोरीन
परमाणु संख्या सत्रह
प्रचुरता में नम्बर दो हैलोजन
सारे तत्वों में विद्युत ऋणात्मकता में नम्बर तीन

मेरे जैसे कई और भी हैं
जैसे Li, K, Rb, Cs
फिर भी हमारी आपस में कभी पटती नहीं
मैं उनके साथ रह सकता कभी नहीं

मेरा अपना हैलोजन परिवार है
सभी हर तरह से मेरे जैसे हैं
पर चाहे हमारे गुणधर्म एक जैसे हों
मैं कभी मेलजोल की कल्पना भी नहीं कर सकती

क्षारीय धातुओं के इस बड़े कुनबे में
लगता है मैं तनहा और अनचाहा हूँ
सही है, हम सबका
जन्म पृथ्वी की पर्पटी में हुआ था
तो फिर मुझे इतना अलग-थलग और भुतहा क्यों लगता है?

वैसे तो हम काफ़ी हिल-मिलकर रहने वाले
और क्रियाशील लगते हैं
लेकिन फिर भी हम एक-दूसरे से अजनबी ही हैं
अपनी-अपनी उत्कृष्टता की होड़ में डूबकर
कोई भी अपनी इलेक्ट्रॉन स्थिरता को
जोख़िम में डालना नहीं चाहता
(लेकिन कभी-कभी)

कभी-कभी मेरे दिल में ख़्याल आता है
कि मेरे समूह के बाहर कौन है
जो शायद दोस्त बन सके?
शायद इसी पीरियड (आवर्त) के दूसरे छोर पर
ऐसे कोई तत्व हैं जिनके अपने अलग रुझान हों?
कभी-कभी अपनी गैसीय अवस्था में
निरुद्देश्य भटकते हुए किसी
सम्भावित साथी से टकरा जाती हूँ
लेकिन वे सब इतने अलग हैं,
मेरे जैसे तो बिलकुल नहीं,
तो मैं मायूस होकर घर लौट आती हूँ

इतना तनहा, इतना अस्थिर
इतना दूर, इतना अक्षम
क्या मैं यहाँ का वासी हूँ?
लेकिन यह मेरा परिवार है।

जिससे पूछता हूँ, वह कहता है
मेंडेलीव की आवर्तता कहती है
लेकिन सिर्फ़ इसलिए कि
हाँ, सिर्फ़ इसलिए कि

उन सबके इलेक्ट्रॉन विन्यास मेरे जैसे ही हैं

इसका यह मतलब बिलकुल नहीं है
रसायनशास्त्र के किसी भी नियम से
कि हम साथ-साथ रहने के लिए बने हैं
(लम्बा अन्तराल)

मैं सिर्फ़ इतना करना चाहता हूँ कि
इतनी ताप-धारिता (एन्थाल्पी) संग्रहित कर लूँ
कि मुड़कर देख सकूँ कि
मेरे पीछे क्या है।
(इस पैरा के दौरान सोडियम घूमता है)

लेकिन यदि मैं मुड़ी तो डर है कि
वे देख लेंगे कि मुझमें कितनी खामियाँ हैं
मेरा संयोजी कवच अधूरा है
मैं उतनी उत्कृष्ट नहीं हूँ, जितना मैं सोचती हूँ
(इस पैरा के दौरान क्लोरीन धीरे-धीरे घूमती है)
तो मैं चिन्तित होकर आसपास देखती हूँ
ऐसा कोई मिल जाए जिसका संयोजी कवच
मेल खाता हो,
सबसे आँखें चुराते हुए,
'Hi' कहने की सारी इच्छाओं को दबाते हुए

(दोनों अभिवादन करने की कोशिश करते हैं, लेकिन बीच में ही ख़ुद को रोक लेते हैं)

लेकिन एक सुहावने दिन
जब हम दोनों को इसकी सबसे कम अपेक्षा थी
हम दोनों ने अपने-अपने समूह छोड़े
और अपनी राह पर चल पड़े
खो गए थे, लेकिन भटके नहीं थे
आशा है कि रासायनिक गतिकी
जल्दी ही अपनी भूमिका निभाएगी
जैसा कि पता चला
हमें सिर्फ़ एक बेसाख़्ता टक्कर की
दरकार थी
सही दिशा से एक टक्कर
ताकि हमारी ऊर्जा की रुकावटें पार हो जाएँ
हमारी अस्थिरता नदारद हो जाए
और जो कुछ बचा
वह था एक परिचय, दो संयोजकताएँ,
दो नाम
लेकिन मैं डरी हुई थी
वह मेरे जैसी बिलकुल भी नहीं है
मैं विद्युत-धनात्मक हूँ
मैं विद्युत-ऋणात्मक हूँ
एकदम विपरीत छोरों पर
एक पूरे आवर्त की दूरी पर
क्या यह मुख़तसर मुठभेड़
क्या यह एक 'संयोगवश मुलाक़ात'
मुझे एक दोस्त दे देगी?
या क्या मेरा अन्त साबित होगी?
हमारा सवाल असन्तुलित लगता है
शायद ऐसा होना नहीं है
क्या हमें साम्यावस्था प्राप्त करने की परवाह भी करनी चाहिए
या क्या वह ऊर्जा की बरबादी होगी?
सब्स्ट्रेट (क्रिया-पदार्थ) की बरबादी?
शायद हमें अपनी अलग-अलग दिशा में चले जाना चाहिए

(वे अलग-अलग रास्तों पर चल पड़ते हैं, दो सेकंड बाद सोडियम मुड़कर देखता है)

ऐ, रुको!
हाँ? कहो!

मैं जानता हूँ तुम सचमुच व्यस्त हो
बिलकुल सही, लोगों को चकराने में
लेकिन शायद तुम चाहोगी?
कभी मिलना?
शायद एक इलेक्ट्रॉन साझा करना?
लग तो यह ठीक रहा है
तो मैं तुम्हें वहाँ मिलूँगा
समुद्र के तट पर?
और शायद थोड़ी देर साथ बिताएँगे
-757.3 kJ/mol एन्थाल्पी पर।
क्या कह सकते हैं
पता नहीं यह हमारे लिए क्या गुल खिलाएगा
हो सकता है हमारे बीच बन्धन जुड़ जाएँ
थोड़ा आयनिक ढंग का बन्धन

और यह कहानी है कि एक महान दोस्ती कैसे शुरू हुई थी
किसने सोचा होगा कि दो विरोधी एक-दूसरे की इलेक्ट्रॉन पट्टी पूरी कर सकते हैं?
आज भी इस मशहूर जोड़ी के बारे में इतनी बातें होती हैं
यह ज़मीन और पानी दोनों जगह जीवन का निर्वाह करती है

किसने सोचा होगा कि
मेरे और तुम्हारे सुकून के दायरे के बाहर
एक तत्व मौजूद है जिसमें हमें अपना घर मिलेगा

कोई ऐसा जिसके साथ साझेदारी कर सकें,
जिसके साथ अन्तर्क्रिया कर सकें
जिसके साथ बिखर सकें, जिसे कसकर पकड़ सकें

लेकिन इसका मतलब यह नहीं है कि
हालात ऊष्माक्षेपी नहीं हो जाएँगे
कभी-कभी गर्मी सहन सीमा से ज़्यादा हो जाएगी

लेकिन कोलाहल और झाग निकलने का मतलब यह नहीं है
कि हमारे बन्धन को टूटना होगा
तो हर बार जब हम दूर-दूर दिखें
मैं हैबर चक्र पर सवार होकर तुम्हारी गली में आ जाऊँगा

जब तक कि हम दोनों अपने जालकों को
नए सिरे बनाने को तैयार न हों
हर बार, बार-बार।

नोट्स :

1. आवर्त सारणी के बहुत ही अलग गुणों वाले दो तत्व, सोडियम और क्लोरीन, मिलकर अब तक का सबसे प्रचलित लेकिन मामूली समझे जाना वाला रासायनिक यौगिक बनाते हैं। मेरी सबसे अच्छी दोस्त अंशु सरन के साथ मेरी गाढ़ी दोस्ती से प्रेरित यह शैब्द कविता (जो दोनों तत्वों की ज़ुबानी कही गई है) बताती है कि काफ़ी असम्भव लेकिन सबसे गहरी दोस्तियाँ तभी बनती हैं जब हम अपने कम्फर्ट ज़ोन से बाहर निकलने की हिम्मत करते हैं। कविता कैसे पढ़ें : यह कविता एक पद/ छन्द रूप में नाटक है, जो मंच पर प्रदर्शन के लिए लिखी गई है। बैंगनी रंग की पंक्तियाँ 'सोडियम' द्वारा बोली जाती हैं, लाल रंग की 'क्लोरीन' द्वारा बोली जाती हैं और काले रंग में लिखी पंक्तियाँ दोनों द्वारा बोली जाती हैं।
2. Source of the image used in the background of the article title: Poem. Credits: Idearriba, Pixabay.
URL: *https://pixabay.com/photos/poem-butterfly-literature-tale-1104997/. License: CC0.*
3. The three illustrations for this poem were inspired by sketches of the sodium and chlorine atoms by Dalia Saldanha (the author). They were conceptualised & created by Vidya Kamalesh (Artist, i wonder...) & Chitra Ravi (Editor, i wonder...). To reuse, please include following details: Credits: Dalia Saldanha, i wonder..., Jun 2022 issue. License: CC-BY-NC.

डालिया साल्दान्हा मैकगिल विश्वविद्यालय, कनाडा के केमिकल इंजीनियरिंग विभाग से पीएचडी कर रही हैं। वह पर्यावरण-अनुकूल प्रोटीन-आधारित जैव सामग्री से त्वचा सेंसर विकसित करने पर काम कर रही हैं। डालिया को वैज्ञानिक सोच वाली कविता लिखने, तैरने और इंडी बुकस्टोर्स खँगालने में मज़ा आता है। उनसे daliasaldanha96@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : सुशील जोशी

दक्षता-आधारित अधिगम ढाँचा स्कूल विज्ञान के लिए

आँचल चोमल और शिल्पी बनर्जी

कई शिक्षा नीतियाँ एक ऐसे विज्ञान पाठ्यक्रम की पैरवी करती हैं जो विद्यार्थियों को मात्र तथ्य सीखने में नहीं बल्कि वैज्ञानिक सोच और कौशल जैसी दक्षताएँ विकसित करने में भी मदद करे। शिक्षक ऐसे दक्षता-आधारित परिणामों को पाठ्यक्रम के साथ-साथ शैक्षणिक और मूल्यांकन प्रक्रियाओं से कैसे जोड़ सकते हैं?

पिछले कुछ वर्षों में, सभी शिक्षा नीति दस्तावेज़ों में शिक्षा के लिए एक दक्षता-आधारित दृष्टिकोण को अपनाने पर ज़ोर दिया गया है (**बॉक्स-1** देखें)। उदाहरण के लिए, राष्ट्रीय शिक्षा नीति (एनईपी) 2020 विज्ञान पाठ्यक्रम में एक अन्तर्विषयी, क्षमता-आधारित दृष्टिकोण अपनाने की पैरवी करता है जो विद्यार्थियों में संवेदनशीलता, साक्ष्य-आधारित सोच, वैज्ञानिक स्वभाव और नवाचार की प्रवृत्ति विकसित करने में मदद कर सके (**बॉक्स-2** देखें)।

अलबत्ता, विज्ञान सीखने-सिखाने के इस दृष्टिकोण को लागू करने में स्कूल कई चुनौतियों का सामना करते हैं। महत्त्वपूर्ण तंत्रगत चुनौतियों में माध्यमिक स्तर पर विज्ञान में सुप्रशिक्षित शिक्षकों की कमी, प्रयोगशाला वग़ैरह जैसे भौतिक अधोसंरचना की कमी और शिक्षकों के लिए समुचित समर्थन का अभाव शामिल हैं। कक्षा स्तर पर, सभी कक्षाओं में शैक्षणिक प्रक्रियाओं का ज़ोर वैज्ञानिक कौशल अर्जित करने पर नहीं बल्कि वैज्ञानिक तथ्यों को याद रख पाने पर होता है। इस स्थिति का आंशिक कारण है विज्ञान शिक्षा के लक्ष्यों को लेकर आम मान्यताएँ और बोर्ड परीक्षा की प्रकृति। उदाहरण के लिए, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय द्वारा किए गए एक अध्ययन में पता चला कि भारत के कुछ चुनिन्दा बोर्डों की 10वीं कक्षा के परीक्षा पत्र

बॉक्स-1 : दक्षता-आधारित सीखना-सिखाना क्या है?

दक्षता-आधारित शिक्षा का उद्देश्य यह सुनिश्चित करना है कि शिक्षार्थी स्कूल पाठ्यक्रम के अपेक्षित अधिगम परिणामों का अर्जन प्रदर्शित कर सकें। इसके लिए ज़रूरी है कि शिक्षार्थी कक्षा की शैक्षणिक प्रक्रियाओं में सक्रिय रूप से शामिल हों; और साथ ही इस बात पर भी ज़ोर होता है कि वे विविध सन्दर्भों में वांछित ज्ञान, दृष्टिकोण और कौशल को लागू करने पाएँ।

बॉक्स-2 : एनईपी 2020 क्या है?

यह दस्तावेज़ हमारे देश की शिक्षा व्यवस्था को मार्गदर्शन देने के लिए सिफ़ारिशों का व्यापक ढाँचा है। इन सिफ़ारिशों में शिक्षा के कई पहलू जैसे स्कूली शिक्षा की संरचना, पाठ्यक्रम, शिक्षण पद्धति, मूल्यांकन, शिक्षक प्रशिक्षण, स्कूल प्रशासन और उसका संचालन शामिल है।

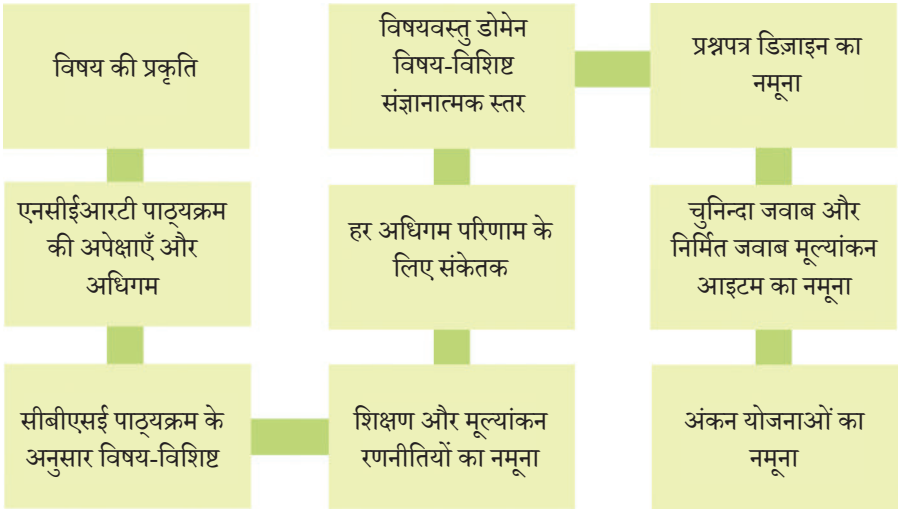
में औसतन 60-70% विज्ञान के प्रश्न तथ्य और जानकारी याद करने का परीक्षण करते हैं। साथ ही क़रीब 40-50% प्रश्न सीधे निर्धारित पाठ्यपुस्तकों से उठाए गए होते हैं। इसके विपरीत, परिकल्पना बनाना, निष्कर्ष निकालना, अनुमान लगाना और विश्लेषण करना जैसे विज्ञान प्रक्रिया के किसी भी कौशल का परीक्षण नहीं किया जाता।

माध्यमिक विद्यालय के कई विज्ञान शिक्षकों ने साझा किया है कि इस तरह के परीक्षा पत्र माध्यमिक स्तर के विज्ञान पाठ्यक्रम को वास्तव में लागू करने में संकीर्णता पैदा करते हैं। इन चुनौतियों से पार पाने के लिए, विज्ञान के लक्ष्यों और परिणामों की साझा समझ बनाना ज़रूरी है। इसे मद्देनज़र रखते हुए राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद (एनसीईआरटी) ने ग्रेड-6 से 10 के लिए अधिगम परिणाम (एलओ) चिह्नित करके प्रकाशित किए हैं। हालाँकि, कई शिक्षकों को लगता है एलओ काफ़ी अमूर्त हैं और उनके दैनिक कामकाज से अलग नज़र आते हैं।

अलगाव का कारण यह है कि ये दस्तावेज़ एलओ और किसी ग्रेड के लिए निर्धारित पाठ्यपुस्तक के बीच अन्तर्सम्बन्धों को स्पष्टता से प्रस्तुत नहीं करते। इसके अलावा इनमें एलओ को कक्षा की शिक्षण और मूल्यांकन प्रक्रियाओं में तब्दील करने की रणनीतियों को लेकर उपयुक्त मार्गदर्शन का भी अभाव है।

इन कमियों को दूर करने के लिए केन्द्रीय माध्यमिक शिक्षा बोर्ड (सीबीएसई) ने अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय के सहयोग से एक विज्ञान अधिगम ढाँचा (एलएफ) विकसित किया है।

यह फ्रेमवर्क शिक्षकों को स्कूली विज्ञान के विभिन्न पहलुओं जैसे पाठ्यक्रम (विशेष रूप से स्कूली शिक्षा के विभिन्न चरणों पर इसके लक्ष्य और उद्देश्य), एनसीईआरटी के ग्रेड उपयुक्त एलओ, विज्ञान शिक्षण के



चित्र-1 : अधिगम ढाँचे के घटक।
Credits: Science Learning Framework, Central Board of Secondary Education (CBSE). License: CC-BY-NC.

सिद्धान्त और विज्ञान अधिगम का प्रासंगिक और प्रामाणिक तरीक़े से मूल्यांकन (**चित्र-1** देखें) पर फ़ोकस करता है।

एलएफ के घटक

(क) विषय की प्रकृति : एलएफ विज्ञान के आपस में जुड़े विभिन्न क़दमों की रूपरेखा प्रस्तुत करता है। इनमें अवलोकन करना, नियमितता और पैटर्न ढूँढ़ना, परिकल्पना बनाना, गुणात्मक या गणितीय मॉडल तैयार करना, इन मॉडल्स के निहितार्थ देखना, अवलोकनों और नियंत्रित प्रयोग के माध्यम से सिद्धान्त की पुष्टि करना और भौतिक दुनिया का संचालन करते सिद्धान्तों और नियमों तक पहुँचना शामिल हैं।

(ख) अधिगम परिणाम : एलएफ एलओ को उन विज्ञान-विशिष्ट कौशलों के साथ जोड़ता है जिन्हें विद्यार्थियों को पाठ्यक्रम में शामिल विभिन्न अवधारणाओं के माध्यम से अर्जित करने की ज़रूरत है। उदाहरण के लिए, एलएफ यह मानता है कि माध्यमिक स्कूल पाठ्यक्रम का फ़ोकस औपचारिक परिभाषाओं के परिचय से आगे बढ़ते हुए

बॉक्स-3 : स्कूली विज्ञान में संज्ञानात्मक आयाम

जानना : यह डोमेन विज्ञान की बेहतर बुनियाद के लिए आवश्यक तथ्यों, अवधारणाओं और प्रक्रियाओं के स्मरण, पहचानने, वर्णन करने और उदाहरण दे पाने की क्षमता को सम्बोधित करता है। सटीक और व्यापक तथ्यात्मक ज्ञान विद्यार्थियों को विज्ञान के अभ्यास के लिए ज़रूरी जटिल संज्ञानात्मक गतिविधियों में सफलतापूर्वक कार्य कर पाने में सक्षम बनाता है।

प्रयोग करना : यह डोमेन वस्तुओं या सामग्रियों के समूहों की तुलना करने, अन्तर समझने और उन्हें वर्गीकृत करने में ज्ञान का उपयोग करने की विद्यार्थी की क्षमता; विज्ञान की किसी अवधारणा (तथ्यों, सम्बन्धों, प्रक्रियाओं, अवधारणाओं, उपकरणों और विधियों) को वास्तविक जीवन के सन्दर्भ से जोड़ पाने की क्षमता; व्याख्या करने और व्यावहारिक समस्याओं को हल करने की क्षमता पर ज़ोर देता है।

तर्क करना : पिछले डोमेन में तथ्यों और अवधारणाओं के अधिक प्रत्यक्ष और सीधे-सीधे उपयोग के विपरीत, तर्क करने के डोमेन में आने वाले एलओ में अपरिचित या अधिक जटिल सन्दर्भों में तथ्यों का उपयोग करना शामिल है। इस प्रकार, यह डोमेन विद्यार्थियों द्वारा डेटा का विश्लेषण करने, निष्कर्ष निकालने और उनका नई स्थितियों में उपयोग कर पाने की क्षमता पर केन्द्रित है। वैज्ञानिक तर्क के अन्तर्गत कक्षाओं के भीतर और बाहर परिकल्पनाएँ बनाना और वैज्ञानिक जाँच की योजना बनाना भी शामिल है।

जानना

- कोशिका की मुख्य संरचना जैसे केन्द्रक, माइटोकॉण्ड्रिया, युकेरॉइट वगैरह की पहचान करना।
- प्रोकेरॉइट एवम् युकेरॉइट के बीच अन्तर की पहचान करना।
- उन कोशिका प्रकारों के उदाहरण देना जिनमें क्लोरोप्लास्ट होता है।

प्रयोग करना

- वनस्पति कोशिका और जन्तु कोशिका की तुलना करता है।
- समझाता है कि सुरक्षा कोशिका द्वारा पत्तियों में गैस का आदान-प्रदान कैसे होता है।
- मॉडल की मदद से दर्शाता है कि कैसे कोशिका सक्रिय ईकाई है।
- तालिका में, ग्राफ़ में, चित्रों में दी गई कोशिका सम्बन्धी जानकारी को समझता है।
- कोशिका श्वसन की व्याख्या करता है।

तर्क करना

- अवशोषण की दर और आँत की विलाई की संरचना और कार्यप्रणाली के बीच अन्तर्सम्बन्ध देखता है।
- इस पर बात करता है कि क्यों कोशिकाओं को सिर्फ़ हमारे शरीर की 'ईंट' कहना पूरी तरह नहीं बताता कि वास्तव में वे क्या हैं।
- अनुमान लगाता है, पड़ताल करता है और जाँचता है कि किन्हीं परिस्थितियों में कोई जीवित कोशिका कैसी होगी, क्या करेगी।
- कोशिका के साइज़ का पता लगाने के लिए प्रयोग डिज़ाइन करता है।
- तालाब-पोखर के जल नमूने का अध्ययन करना ताकि उसमें मौजूद विभिन्न जीवन का अवलोकन किया जा सके, चित्रण किया जा सके और उन्हें दर्ज किया जा सके।

बॉक्स-4 : एनसीईआरटी की कक्षा दस की पाठ्यपुस्तक के अध्याय 'जीवित कोशिका' से विभिन्न संज्ञानात्मक आयाम के उदाहरण।

Credits: Science Learning Framework, Central Board of Secondary Education (CBSE). License: CC-BY-NC.

विज्ञान के नियमों, अवधारणाओं और सिद्धान्तों की समझ की ओर जाता है। अत: यह सिद्धान्त की खोज करने या सत्यापित करने के एक साधन के रूप में प्रयोग की भूमिका पर ज़ोर देता है, प्राय: ऐसे प्रयोग जिनमें मात्रात्मक मापन का इस्तेमाल किया जाए। साथ ही, यह विद्यार्थियों को अपने डेटा की व्याख्या करने और निष्कर्ष निकालने के कौशल से परिचित कराने पर भी ज़ोर देता है।

(ग) विषय-विशिष्ट विषयवस्तु : विज्ञान-विशिष्ट एलओ को सीबीएसई पाठ्यक्रम और निर्धारित पाठ्यपुस्तक से जोड़ने में शिक्षकों की मदद करने के लिए, एलएफ सीखने के परिणामों को सम्बन्धित विषयवस्तु (जैसे भोजन, पदार्थ, सजीवों की दुनिया, चीज़ें कैसे काम करती हैं, प्राकृतिक परिघटनाएँ और प्राकृतिक संसाधन) से जोड़ता है।

(घ) विषय-विशिष्ट संज्ञानात्मक स्तर : एलएफ विज्ञान से जुड़े एलओ को तीन विषय-विशिष्ट संज्ञानात्मक स्तरों में बाँटता है - जानना, लागू करना और तर्क करना (**बॉक्स-3** देखें)। ये स्तर विद्यार्थियों से अपेक्षित एलओ के प्रदर्शन से जुड़ी बौद्धिक प्रक्रियाओं का वर्णन करते हैं (**बॉक्स-4** देखें)।

(ड) हर अधिगम परिणाम के लिए संकेतक : प्रत्येक एलओ के लिए, एलएफ सीबीएसई पाठ्यक्रम में शामिल की गई अवधारणाओं के माध्यम से अर्जित किए जाने वाले विज्ञान-विशिष्ट कौशल के संकेतक भी परिभाषित करता है। इससे शिक्षकों के लिए प्रत्येक एलओ का दायरा स्पष्ट हो जाता है उन्हें प्रत्येक अध्याय को बेहतर तरीक़े से सिखाने की योजना बनाने में मदद मिलती है (**बॉक्स-5** देखें)।

सामग्री डोमेन, अध्याय एवं मुख्य अवधारणाएँ	अधिगम परिणाम	संकेतक
सामग्री : अध्याय 1 - हमारे परिवेश में पदार्थ महत्त्वपूर्ण अवधारणाएँ : पदार्थ की भौतिक प्रकृति; पदार्थ के कणों की विशेषताएँ; पदार्थ की अवस्थाएँ — ठोस, तरल और गैस; पदार्थ की अवस्थाओं में परिवर्तन; उर्ध्वपातन; उबलना; वाष्पीकरण — प्रक्रिया को प्रभावित करने वाले कारक	पदार्थ की तीन अवस्थाओं (ठोस, तरल और गैस) में विभेदित कर पाए।	• संकेतक के गुणधर्मों के आधार पर पदार्थों को ठोस, तरल और गैस के रूप में परिभाषित कर पाए। • वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा और संगलन की गुप्त ऊष्मा के बीच अन्तर कर पाए। • उर्ध्वपातन और वाष्पीकरण के बीच अन्तर कर पाए। • आकार, अन्तराण्विक स्थान, कणों की निरन्तर गति के आधार पर पदार्थ की तीन अवस्थाओं के बीच अन्तर कर पाए। • विशिष्ट उदाहरणों का उपयोग करते हुए पदार्थ की तीन अवस्थाओं के बीच अन्तर पर ज़ोर दे। • प्लाज़्मा और बोस-आइंस्टीन कंडेनसेट के बीच अन्तर कर पाए।

बॉक्स-5 : अधिगम परिणाम के लिए संकेतक का एक उदाहरण।

Credits: Science Learning Framework, Central Board of Secondary Education (CBSE). License: CC-BY-NC.

बॉक्स-6 : एलएफ में शैक्षणिक अभ्यासों और मूल्यांकन रणनीतियों के नमूनों के डिज़ाइन में शामिल प्रमुख सिद्धान्त

विद्यार्थी-केन्द्रित : चूँकि नया ज्ञान मौजूदा ज्ञान पर निर्मित होता है, इसलिए शिक्षण और मूल्यांकन रणनीतियाँ पूर्व ज्ञान, कौशल, दृष्टिकोण और विद्यार्थियों द्वारा कक्षा में लाए गए विश्वास पर केन्द्रित होती हैं। इन्हें विद्यार्थियों द्वारा स्वयं अपने सीखने का प्रभार लेने में सक्षम बनाने के लिए भी डिज़ाइन किया जाता है; और ये ऐसे कक्षा अभ्यासों को प्रोत्साहित करती हैं जिसमें सहकारी और सहकर्मी-समर्थित व्यावहारिक गतिविधियाँ शामिल होती हैं।

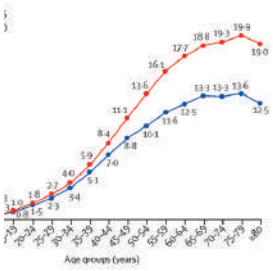
दक्षता-केन्द्रित : विद्यार्थी कितनी भली-भाँति सीखते हैं यह इस बात पर निर्भर करता है कि शिक्षण के तरीक़ों, सीखने की गतिविधियों और मूल्यांकन रणनीतियों का कितनी अच्छी तरह से उन क्षमताओं से ताल-मेल बनाया गया है जिनकी प्रत्येक ग्रेड में विद्यार्थियों में विकसित होने की अपेक्षा रखी जाती है। इस प्रकार, शैक्षणिक प्रक्रियाओं और मूल्यांकन रणनीतियों के नमूनों को क्षमता विवरणों में इंगित सामग्री डोमेन और संज्ञानात्मक कौशल दोनों के साथ संरेखित किया गया है।

मूल्यांकन-केन्द्रित : चूँकि मूल्यांकन शैक्षणिक प्रक्रिया का एक अभिन्न अंग है, इसलिए एलएफ शुरुआती आकलन के लिए रणनीतियाँ साझा करता है। ये रणनीतियाँ विद्यार्थियों द्वारा स्व-अधिगम की समझ को व्यवस्थित करने में मदद करने के लिए डिज़ाइन की गई हैं, और शिक्षकों को उनके विद्यार्थियों के प्रदर्शन के आधार पर अपने शिक्षण तरीकों को परिष्कृत करने में मदद करने के लिए डिज़ाइन की गई हैं। विद्यार्थियों की व्यक्तिगत क्षमता झलके इसकी सम्भावना बढ़ाने के लिए, इन रणनीतियों को कई तरीक़ों से आकलन करने - जैसे पोर्टफ़ोलियो, प्रोजेक्ट, प्रस्तुतिकरण, लिखित और मौखिक मूल्यांकन करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। इन्हें समकक्ष मूल्यांकन करने के लिए भी डिज़ाइन किया गया है, जिसमें विद्यार्थी पूर्व-निर्धारित मूल्यांकन मानदण्डों के आधार पर अपने साथी विद्यार्थियों के काम का मूल्यांकन करते हैं।

सामग्री डोमेन/अध्याय का नाम	सामग्री (क्या पदार्थ शुद्ध है)
ग्रेड	ग्रेड-9
अधिगम परिणाम	मिश्रण में से विभिन्न घटकों को अलग करने के लिए विभिन्न तरीक़ों का वर्णन कर पाए।
संकेतक	छानने का उपयोग करते हुए रेत और पानी को अलग करने की व्याख्या कर पाए।
संज्ञानात्मक स्तर	उपयोग
सोचने की प्रक्रिया	सम्बन्ध बिठाना
कठिनाई स्तर	कम
अंक	1
समय	1 मिनट
आइटम स्टेम	समुद्री नमक रेत और सोडियम क्लोराइड का मिश्रण है। रेत पानी और हेक्सेन में अघुलनशील है। सोडियम क्लोराइड पानी में घुलता है लेकिन हेक्सेन में नहीं। रेत को सोडियम क्लोराइड से अलग करने के लिए क्या आवश्यक है? 1. फिल्टर पेपर 2. फ्रैक्शनेटिंग कॉलम 3. हेक्सेन 4. पानी
सही उत्तर	1 और 4; क्योंकि पानी ही एकमात्र ऐसा विलायक है जो सोडियम क्लोराइड को घोलता है।
डिस्ट्रैक्टर (भ्रमित करने वाले) 1	2 और 3; इस तरह के मिश्रण को अलग करने के लिए फ्रैक्शनेटिंग कॉलम की ज़रूरत नहीं है। इस उपकरण का उपयोग परस्पर घुलनशील तरल मिश्रण को अलग करने के लिए किया जाता है।
डिस्ट्रैक्टर 2	1 और 3; हेक्सेन रेत या सोडियम क्लोराइड के लिए विलायक नहीं है। विद्यार्थी मिश्रण को अलग करने के लिए विलायक के महत्त्व को नहीं समझता है।
डिस्ट्रैक्टर 3	2 और 4; इस तरह के मिश्रण को अलग करने के लिए फ्रैक्शनेटिंग कॉलम की ज़रूरत नहीं है। इस उपकरण का उपयोग परस्पर घुलनशील तरल मिश्रण को अलग करने के लिए किया जाता है।

बॉक्स-7 : सही जवाब चुनाव प्रश्न का एक नमूना।

Credits: Science Learning Framework, Central Board of Secondary Education (CBSE). License: CC-BY-NC.

सामग्री डोमेन/ अध्याय का नाम	सजीवों की दुनिया (जानवरों में नियंत्रण और समन्वय)
ग्रेड	ग्रेड-**10**
अधिगम परिणाम	नियंत्रण और समन्वय तंत्र की विफलता के परिणामस्वरूप होने वाली बीमारियों के प्रसार से सम्बन्धित डेटा/ ग्राफ़ / आँकड़ों का विश्लेषण और व्याख्या कर पाए।
संकेतक	हार्मोनल असन्तुलन और उससे जुड़े तंत्रों की विफलता के कारण बीमारियों के प्रसार से सम्बन्धित डेटा/ ग्राफ़ (ज़िला/ राज्य/ राष्ट्रीय) का विश्लेषण और व्याख्या कर पाए। (मधुमेह, घेंघा, अतिकायता, बौनापन आदि)
संज्ञानात्मक स्तर	जानकारी को लागू करना
सोचने की प्रक्रिया	जानकारी का अर्थनिरूपण, व्याख्या
कठिनाई स्तर	मध्यम
अंक	3
समय	5 मिनट
आइटम स्टेम	नीचे दिया गया ग्राफ़ वर्ष 1990 और 2016 के दरमियान पुरुषों में आयु अनुसार मधुमेह के प्रसार को दर्शाता है :  वर्ष 2016 में किस आयु वर्ग में मधुमेह का उच्चतम प्रसार प्रतिशत दिखता है? वर्ष 1990 से 2016 तक 25-29 आयु वर्ग में मधुमेह प्रसार प्रतिशत में कितनी वृद्धि हुई है? मधुमेह रोगियों के लिए कृत्रिम इंसुलिन की आवश्यकता की व्याख्या करें?

अंकन योजना

भाग	**अंक**	**उत्तर**	**अतिरिक्त जानकारी**
a	1	उत्तर — 2016 के लिए; आयु समूह : 75-79	
b	1	25-29 आयु सीमा के लिए 1990 से 2016 तक प्रसार प्रतिशत में वृद्धि : 0.4%	
c	1	इंसुलिन हार्मोन अग्न्याशय में उत्पन्न होता है। वह शरीर में रक्त शर्करा के स्तर को नियंत्रित करने में मदद करता है। यदि यह उचित मात्रा में स्रावित नहीं होता है तो रक्त में शर्करा का स्तर बढ़ जाता है जिससे हानिकारक प्रभाव पड़ता है। इसलिए, हार्मोन रिलीज तंत्र की ख़राबी के मामले में चीनी के स्तर को नियंत्रित करने के लिए कृत्रिम इंसुलिन इंजेक्ट किया जाता है।	इसके सम व्याख्याएँ स्वीकार की जाएँगी।

बॉक्स-8 : निर्मित प्रतिक्रिया प्रश्न और उसकी अंकन योजना का एक नमूना।

Credits: Science Learning Framework, Central Board of Secondary Education (CBSE). License: CC-BY-NC.

(च) शिक्षण और मूल्यांकन रणनीतियों का नमूना : एलएफ में दिए गए शैक्षणिक प्रक्रियाओं और रचनात्मक मूल्यांकन रणनीतियों के नमूने इस तरह डिज़ाइन किए गए हैं कि शिक्षकों को कुछ सामान्य सिद्धान्तों के आधार पर शैक्षणिक पद्धति और मूल्यांकन को एलओ अनुसार ढालने में मदद मिले (**बॉक्स-6** देखें)।

(छ) मूल्यांकन आइटम, प्रश्नों के नमूने और अंकन योजनाएँ : एलएफ में मूल्यांकन का एक ऐसा नमूना सेट साझा किया गया है जिससे विद्यार्थियों की दो अलग-अलग प्रकार की प्रतिक्रियाएँ हासिल होती हैं - सही जवाब का चुनाव वाली प्रतिक्रियाएँ और वर्णनात्मक प्रतिक्रियाएँ। सही जवाब चुनाव वाले प्रश्न में (**बॉक्स-7** देखें), विद्यार्थी को कई विकल्पों में से सही जवाब का चयन करना होता है; जबकि वर्णनात्मक जवाब वाले प्रश्न में, विद्यार्थी से अपेक्षा की जाती है वे सही उत्तर दें (देखें **बॉक्स-8**)। प्रत्येक नमूना आइटम के साथ सम्बन्धित पाठ्यपुस्तक अध्याय, सामग्री डोमेन, क्षमता स्तर, संज्ञानात्मक स्तर, सोच प्रक्रिया, कठिनाई स्तर, अंकन योजना और जवाब देने के लिए आवश्यक औसत समय बताए गए हैं। एलएफ अनुशंसा करता है कि अंकन योजना को उतना ही महत्त्व दिया जाए जितना मूल्यांकन आइटम को दिया जा रहा है। उदाहरण के लिए, वर्णनात्मक प्रतिक्रिया से जुड़े प्रश्नों में, विशेष रूप से उच्च संज्ञानात्मक स्तर का मूल्यांकन करने वाले प्रश्न, शिक्षक को विद्यार्थी के जवाबों में विविधता स्वीकारने की अनुमति देता है। जैसे पूरी तरह से सही, आंशिक रूप से सही, साथ ही आंशिक रूप से सही जवाब में कई और स्तर। इसी तरह यह भी सिफ़ारिश की जाती है कि शिक्षक किसी मूल्यांकन आइटम की अंकन योजना विषयवस्तु के संज्ञानात्मक स्तर अनुसार ही चुनें। जैसे, अगर कोई आइटम एक अवधारणा को लागू करने की जाँच के लिए बनाया गया है तो उसकी अंकन योजना में दर्शाया जाना चाहिए कि कई सम्भावित प्रतिक्रियाएँ अवधारणा को लागू किए जाने को दर्शाती हैं। एलएफ कुछ मूल्यांकन आइटम नमूनों के लिए सम्भावित प्रतिक्रियाएँ सुझाता है लेकिन ये प्रतिक्रियाएँ मात्र उदाहरण-स्वरूप हैं क्योंकि दस्तावेज़ में सभी प्रतिक्रियाओं का वर्णन करना सम्भव नहीं है।

चलते-चलते

एक शिक्षक के रूप में, हम सभी धीरे-धीरे नई और सक्रिय सीखने-सिखाने की ऐसी पद्धति की ओर बढ़ रहे हैं जो हमारे विद्यार्थियों को तेज़ी से बदलती हुई दुनिया के लिए तैयार करे। इसका एक तरीक़ा यह हो सकता है कि हम विद्यार्थियों में प्रश्न पूछने, परिकल्पनाओं की जाँच करने, खोजबीन के परिणाम व्यक्त करने, डेटा संग्रह करने, अपने दावे के लिए कारण प्रस्तुत करने, आदि जैसी क्षमताएँ विकसित करने में उनकी मदद करें। इस ढाँचे का उद्देश्य शिक्षकों को अधिगम परिणामों और संकेतकों के सन्दर्भ में पाठ्यक्रम को पुनर्परिभाषित करके अपनी कक्षा में इस दिशा में आगे बढ़ने में मदद करना है। इस ढाँचे को सीबीएसई की वेबसाइट पर भी साझा किया गया है और उसे उपयोग के लिए डाउनलोड किया जा सकता है। सीबीएसई स्कूलों द्वारा नामांकित शिक्षकों और प्रशासकों के एक समूह ने इस ढाँचे को वैज्ञानिक सोच, भय और पूर्वाग्रह मुक्ति और मानव सम्मान और समानता को विकसित करने में सहायक महसूस किया है।

मुख्य बिन्दु

- एनईपी 2020 समेत कई नीतिगत दस्तावेज़ विद्यार्थियों में संवेदनशीलता, साक्ष्य-आधारित सोच, वैज्ञानिक स्वभाव और नवाचार-प्रवृत्ति विकसित करने के लिए शिक्षा में दक्षता-आधारित दृष्टिकोण की सिफ़ारिश करते हैं।
- हालाँकि एनसीईआरटी ने ग्रेड-6 से 10 के लिए अधिगम परिणामों (एलओ) को पहचानकर प्रकाशित किया है, कई शिक्षकों को वे अमूर्त लगते हैं और अपने दैनिक शिक्षण कार्य से कटे नज़र आते हैं।
- विज्ञान लर्निंग फ्रेमवर्क (एलएफ) शिक्षकों को इन एलओ और विज्ञान पाठ्यक्रम, विज्ञान शिक्षण के शैक्षणिक सिद्धान्त और मूल्यांकन के बीच सम्बन्ध बिठाने में मदद करने के लिए बनाया गया है।
- पाठ्यक्रम को एलओ और संकेतकों के सन्दर्भ में फिर से परिभाषित करके, एलएफ शिक्षकों को विद्यार्थियों में कई दक्षताएँ जैसे कि प्रश्न पूछना, परिकल्पना की जाँच करना, परिणामों को सम्प्रेषित करना, छानबीन करना, डेटा एकत्र करना, दावों को सही ठहराना आदि निर्माण करने में सक्षम बना सकता है।
- एलएफ की समीक्षा करने वाले शिक्षकों और प्रशासकों के एक समूह ने एलएफ को शिक्षकों द्वारा वैज्ञानिक सोच, भय और पूर्वाग्रह से मुक्ति और मानव गरिमा और समानता के लिए सम्मान विकसित कर पाने में उपयोगी पाया है।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Blackboard. URL: https://pixabay.com/photos/black-board-traces-of-chalk-school-1072366/. Credits: stux, Pixabay. License: CC0.

References:

1. Ministry of Human Resource Development. (2020). National Education Policy 2020. Accessed from: *https://www.education.gov.in/sites/upload_files/mhrd/files/NEP_Final_English_0.pdf.*
2. A Study of Class 10 Board Examination. (2017). Accessed from: *https://azimpremjiuniversity.edu.in/board-examination.*
3. NCERT (2006). Position Paper: National Focus Group on Examination Reforms. URL: *https://ncert.nic.in/pdf/focus-group/examination_reforms.pdf.*
4. Learning outcomes at the secondary stage. (2018). Accessed from: *https://ncert.nic.in/pdf/notice/learning_outcomes.pdf.*
5. Learning outcomes at the elementary stage. (2017). Accessed from: *https://ncert.nic.in/pdf/publication/otherpublications/tilops101.pdf.*
6. NCERT (2005). National Curriculum Framework, New Delhi. URL: *https://ncert.nic.in/pdf/nc-framework/nf2005-english.pdf.*
7. NCERT (2006). National Focus Group, Position Paper on Teaching of Science, New Delhi. URL: *https://ncert.nic.in/pdf/focus-group/science.pdf.*
8. NCERT (2006). National Focus Group, Position Paper on Aims of Education, New Delhi. URL: *https://ncert.nic.in/pdf/focus-group/aims_of_education.pdf.*
9. NCERT Science Textbooks. URL: *https://ncert.nic.in/textbook.php?fesc1=0-16.*
10. PISA 2018 Science Framework. URL: *https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_f30da688-en.*
11. TIMSS 2019 Science Framework. URL: *https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/framework-chapters/science-framework/.*
12. CBSE assessment framework for Science, Math, and English of classes 6-10 (pp.11-64). (2021). British Council. URL: *https://www.britishcouncil.in/sites/default/files/cbse_assessment_framework_for_science_maths_and_english_of_classes_6-10.pdf.*
13. Azim Premji University (2018). Learning outcomes: secondary stage. URL: *https://cdn.azimpremjiuniversity.edu.in/apuc3/media/publications/Learning-Outcomes-_Secondary-Stage.pdf.*
14. National Academies Press (2000). How people learn: Brain, mind, experience, and school. URL: *https://nap.nationalacademies.org/catalog/9853/how-people-learn-brain-mind-experience-and-school-expanded-edition.*

आँचल चोमल अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में फ़ैकल्टी के तौर पर कार्यरत हैं। उन्हें शैक्षणिक मूल्यांकन में 15 से अधिक वर्षों का अनुभव है। उन्होंने कई राज्यों में व्यापक स्तर पर विद्यार्थियों के सीखने और शिक्षण कार्य के मूल्यांकन की संकल्पना बनाने और कार्यान्वयन का कार्य किया है। स्कूली शिक्षा और शिक्षक-शिक्षा में मूल्यांकन सम्बन्धी नीतिगत सुधारों के लिए राज्य सरकारों और परीक्षा मण्डलों की सलाहकार रही हैं। वे विभिन्न हितधारकों के लिए मूल्यांकन प्रोग्राम तैयार करने और उनकी सेवाएँ देने के काम में शामिल रहीं हैं। वे अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में एमए एजुकेशन के विद्यार्थियों को शैक्षणिक मूल्यांकन का कोर्स भी पढ़ाती हैं।

शिल्पी बनर्जी अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में फ़ैकल्टी के तौर पर कार्यरत हैं। वे इंजीनियरिंग पृष्ठभूमि की हैं और शैक्षणिक मूल्यांकन में उनकी विशेषज्ञता है। कक्षा के उद्देश्यों के अनुरूप व्यावहारिक गुणवत्ता के मूल्यांकन प्रोटोटाइपों का विकास, मूल्यांकन डिज़ाइन और बड़े पैमाने के मूल्यांकन डेटा का सांख्यिकीय विश्लेषण उनके शोध के पसन्दीदा विषय हैं। वे बोर्ड परीक्षाओं और कक्षा मूल्यांकन के डिज़ाइन को सुदृढ़ बनाने के लिए कई राज्य और सरकारी मण्डल द्वारा गठित विभिन्न तकनीकी समितियों का हिस्सा रही हैं। वे शिक्षक एजुकेटरों, शिक्षा कर्मियों, शिक्षा कार्यकर्ताओं और शिक्षा के स्नातकोत्तर विद्यार्थियों को मूल्यांकन से जुड़े विभिन्न आयामों पर कोर्स डिज़ाइन करती हैं और कोर्स करवाती भी हैं।

अनुवाद : सन्दीप दुबे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

साक्षात्कार

माला राधाकृष्णन से

माला राधाकृष्णन एक वैज्ञानिक-कवि हैं और अमरीका के वेलेस्ले कॉलेज में रसायनविज्ञान की प्रोफ़ेसर हैं। वे रसायन विषय पर कविता लिखती और प्रस्तुत करती हैं। उनकी कविता की दो पुस्तकें प्रकाशित हो चुकी हैं। इस साक्षात्कार में वे बताती हैं कि कैसे रसायनविज्ञान और कविता को शिक्षा में एकीकृत किया जा सकता है।

प्रश्न-1 : माला, क्या आप हमें इस बारे में थोड़ा और बता सकती हैं कि आप वर्तमान में क्या करती हैं?

माला : कम्प्यूटेशनल बायोफिजिकल केमिस्ट के रूप में मेरे विद्यार्थी और मैं यह कहना पसन्द करते हैं कि हम अणुओं के लिए 'मैचमेकर्स' की भूमिका निभाते हैं — हम यह पूर्वानुमान लगाने के लिए भौतिकी पर आधारित मॉडल का उपयोग करते हैं कि कितनी शक्ति से अणु परस्पर क्रिया करेंगे। इन पूर्वानुमानों का उपयोग दवा के अणुओं या जैविक महत्त्व के अन्य अणुओं का विश्लेषण और डिज़ाइन करने के लिए किया जा सकता है। मैं अपनी शोध टीम के साथ हाई स्कूल के विद्यार्थियों को अन्तर्विषयी विज्ञान में संलग्न करने के लिए आणविक मॉडलिंग गतिविधियाँ विकसित करने के लिए भी काम कर रही हूँ।

मैं प्रारम्भिक रसायनशास्त्र से लेकर भौतिक और गणनात्मक रसायनशास्त्र तक कई तरह के कोर्स पढ़ाती हूँ। मैं एक सेमिनार भी पढ़ाती हूँ जो विद्यार्थियों को विभिन्न विषयों के मॉडल से रूबरू कराता है — इसमें यह देखा जाता है कि दार्शनिक, मनोवैज्ञानिक और वैज्ञानिक दृष्टिकोण से मॉडल क्या होते हैं। यह कोर्स दुनिया और उसके साथ हमारे जुड़ाव को समझने के लिए मानविकी, सामाजिक विज्ञान और प्राकृतिक विज्ञान को जोड़ने की शक्ति पर प्रकाश डालता है।

मेरी विज्ञान सम्बन्धी कविताएँ भी रचनात्मकता और विज्ञान के मेल में मेरी रुचि से जुड़ी हुई हैं। वर्तमान में, मेरी दिलचस्पी विज्ञान के विद्यार्थियों को उनकी वैज्ञानिक यात्रा के अनुभवों को प्रतिबिम्बित करती कविता लिखने के लिए विभिन्न सहयोगी परियोजनाओं में भी है।

Credits: Sohil Parekh. License: Used here with permission from the rights owner.

प्रश्न-2 : रसायनविज्ञान में आपकी रुचि कब और कैसे शुरू हुई?

माला : मेरे हाई स्कूल रसायन शिक्षक मेरे सबसे उत्साही शिक्षकों में से एक थे। यह स्पष्ट दिखता था कि वे इस विषय को लेकर उत्साहित थे और चाहते थे कि हम देखें कि यह कितना रोमांचक हो सकता है। मुझे लगता है कि जो कुछ भी आपको पसन्द है, उसके लिए अपने जुनून को गले लगाना और ईमानदारी से अपनाना महत्त्वपूर्ण है और उन्होंने (बहुत सारा रसायनविज्ञान पढ़ाने के अलावा) मुझे सिखाया कि ऐसा करना ठीक है!

प्रश्न-3 : आपको कविताएँ, विशेषकर रसायनविज्ञान पर कविताएँ, लिखने के लिए किसने प्रेरित किया?

माला : मेरी यात्रा बोलचाल की कविता की दुनिया से शुरू हुई। मुझे पोएट्री-ओपन माइक (मुक्त कविता मंच) और पोएट्री-स्लैम (कविता प्रतियोगिता) में भाग लेने से प्रेरणा मिली, जहाँ मैंने वह सुना जो दूसरों ने लिखा और प्रदर्शित किया। इससे पहले, मैं 'सैद्धान्तिक रूप से' जानती थी कि कविता किसी भी विषय पर लिखी जा सकती है, लेकिन मैंने कभी भी विषयों की विविधता की स्पष्ट रूप से सराहना नहीं की थी जिनसे कविता के माध्यम से जुड़ा जा सकता है। पहली बार जब मैंने एक ओपन माइक पर ख़ुद की लिखी कविता पढ़ी, तो यह रसायनविज्ञान के बारे में नहीं थी।

रसायनविज्ञान के बारे में कविताएँ लिखने की प्रेरणा कुछ अद्भुत विद्यार्थियों से मिली जिन्हें मैंने कैलिफोर्निया, संयुक्त राज्य अमरीका के एक हाई स्कूल में पढ़ाया था। मैं अक्सर रसायनविज्ञान के बारे में आणविक स्तर के एक सोप-ओपेरा (टीवी सीरियल) की तरह बात करती थी (अणु एक साथ आते हैं, ब्रेकअप होता है आदि)। जब विद्यार्थियों ने एक भित्ती चित्र (म्यूरल) बनाया जो किसी सोप-ओपेरा के भीतर आयनों की कहानी कहता था, तो इसने मुझे रसायनविज्ञान समझाने के अन्य रचनात्मक तरीक़ों के बारे में सोचने को प्रेरित किया।

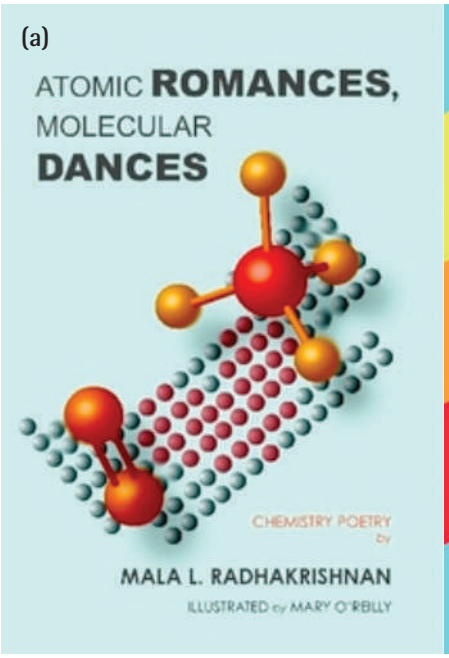
तो, मैंने एक कविता लिखी जो आणविक सोप-ओपेरा बयान करती है और इसे एक पोएट्री-ओपन माइक स्थल पर पढ़ा। नॉन-केमिस्ट्री दर्शकों ने इसे पसन्द किया! इसलिए मैंने एक और लिखी और फिर एक और, और मैं हर हफ़्ते वहाँ आती रही। दर्शक हमेशा अनुकूल प्रतिक्रिया देते और कभी-कभी टिप्पणी करते कि कैसे उन्होंने कविताओं के माध्यम से रसायनविज्ञान के बारे में कुछ सीखा।

मुझे एहसास हुआ कि इस तरह की कविताओं का शैक्षिक महत्त्व हो सकता है, इसलिए मैंने विशिष्ट रासायनिक अवधारणाओं को लोगों तक पहुँचाने की दृष्टि से लिखना शुरू किया, साथ-ही-साथ कहानियों को प्रभावशाली और मनोरंजक बनाए रखा। अन्ततः, मैंने कविता-कथाएँ लिखना शुरू कर दिया : और-तो-और, मैं एक बोली जाने वाली कविता मण्डली का हिस्सा भी थी। यह एक अद्भुत अनुभव था और मुझे अन्य कवि बहुत प्रेरणादायी लगे।

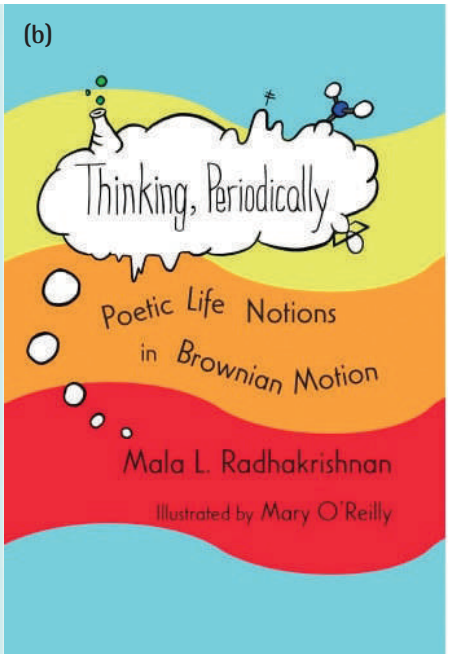
प्रश्न-4 : उन पाठकों के लिए जो कविता में अपना हाथ आज़माना चाहते हैं, क्या आप हमें उस प्रक्रिया के बारे में कुछ बता सकती हैं जिसका उपयोग आप कविता रचने के लिए करती हैं?

माला : इस प्रश्न का उत्तर वास्तव में अलग-अलग हो सकता है। अगर मेरे पास कविता के लिए एक अच्छी कहानी की रूपरेखा है, तो वह कभी-कभी लगभग ख़ुद ही लिख जाती है। उन कविताओं के लिए अधिक प्रयास

(a)



(b)



Credits: Mary O'Reilly. License: Used here with permission from the rights owner.

की आवश्यकता होती है जो एक विशेष उद्देश्य (जैसे एक विशिष्ट विषय को पढ़ाना) के लिए लिखी जाती हैं, क्योंकि कहानी को इस उद्देश्य के इर्द-गिर्द बनाना होता है, जो 'स्वाभाविक' रूप से उत्पन्न होने से अलग होता है। उदाहरण के लिए कुछ कविताओं में कोई एक कौशल, जैसे ताल, विकसित करने पर ध्यान केन्द्रित करने की कोशिश करती हूँ। या मैं एक अच्छी धुन (तुकबन्दी) सोचती हूँ और उसके इर्द-गिर्द कविता गढ़ती हूँ। उदाहरण के लिए, मेरी पुस्तक 'एटोमिक रोमांस, मॉलिक्युलर डाँस' की एक कविता 'एनॉनिमस' (गुमनाम) शब्द के साथ जितना सम्भव हो उतनी चीज़ों की तुकबन्दी करने के प्रयास से प्रेरित थी। मेरी राय में, तुकबन्दी वाले छन्द अवधारणाओं को सुदृढ़ करने में मदद कर सकते हैं और विषयों को पहुँच-योग्य बनाते हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि हम तुकबन्दी वाले पद्य को अपनी युवावस्था के गीतों और कहानियों से जोड़ते हैं।

लम्बी कविताओं को तैयार करने में कुछ घण्टों से लेकर कुछ दिनों तक का समय लग सकता है, लेकिन मैं बार-बार लौटती हूँ, सम्पादन करती हूँ, शब्दों में फेरबदल करती हूँ। इसके विपरीत, कपलेट्स (दो-पंक्तियों की कविताएँ) अक्सर सहजता से बनते हैं। कपलेट्स की एक मुख्य बात यह दिखाना है कि कोई भी कवि हो सकता है। वास्तव में, मैं छोटे कपलेट्स लिखने की ओर मुख्यतः इसलिए बढ़ी हूँ क्योंकि हाल में मेरा जीवन इतना व्यस्त रहा है कि मेरे पास आराम से बैठकर एक लम्बी कविता लिखने का समय कभी-कभार ही है। मेरे पास जो भी समय है, उसके साथ अभी भी मेरे दिमाग के उस हिस्से को चलाते रहना का यह मेरा तरीक़ा है।

प्रश्न-5 : क्या आप अपने दो कविता संग्रहों के बारे में कुछ बता सकती हैं?

माला : ये दो संग्रह एक-दूसरे के पूरक हैं (प्रत्येक मेरे एक बच्चे को समर्पित है)। पहला ('एटोमिक रोमांस, मॉलिक्युलर डाँस'), इस अर्थ में अधिक शैक्षणिक है कि मैंने विशेष रूप से रासायनिक अवधारणाएँ (सामान्य आयन प्रभाव, ऊष्मप्रगतिकी का दूसरा नियम आदि) पढ़ाने के लिए ये कई कविताएँ रची थीं। इसमें वर्णनात्मक कविताएँ शामिल हैं जो परमाणुओं और अणुओं के अनुभव के दृष्टिकोण से रसायनविज्ञान की अवधारणाओं और प्रक्रियाओं का वर्णन करने के लिए मानवीकरण का उपयोग करती हैं। दूसरे शब्दों में, यह रसायनविज्ञान का वर्णन करने के लिए रोज़मर्रा की भाषा का उपयोग करती हैं।

इसके विपरीत, दूसरा संग्रह (थिन्किंग पीरिऑडिकली) थोड़ा 'मनमौजी' ढंग से लिखा गया है, जो मेरे उन 'सहज' विचारों को दिखलाता है, जो (छोटे बच्चों की कामकाजी माँ के रूप में) अपने दैनिक जीवन के अनुभवों का रसायनविज्ञान की भाषा के माध्यम से चित्रण है। दूसरे शब्दों में, यह दैनिक जीवन का वर्णन करने के लिए रसायनविज्ञान की भाषा का उपयोग करता है। इस संग्रह में अलग-अलग तुकबन्दी के कपलेट्स हैं जो एक कक्षा सत्र के अन्त में कुछ विस्मयजनक असर पैदा कर सकते हैं और शिक्षकों के लिए मूल्यवान संसाधन भी हैं।

इस तरह, दोनों पुस्तकें रोज़मर्रा की दुनिया को रसायनविज्ञान दुनिया से जोड़ती हैं, लेकिन ऐसा करते हुए वे विपरीत दिशाओं में आगे बढ़ती हैं।

प्रश्न-6 : आप रसायनों का मानवीकरण करती हैं और उन्हें व्यक्तित्व प्रदान करती हैं, यह आपकी कविताओं को जुड़ने के काबिल और दिलचस्प दोनों बनाता है। क्या यह दृष्टिकोण कोई चुनौती या सीमाएँ प्रस्तुत करता है?

माला : व्यक्तिकरण करने से 'अपरिचित' आणविक दुनिया को उनके स्वयं के जाने-पहचाने, रोज़मर्रा के जीवन से जोड़ने में मदद मिल सकती है। यह अपरिचित शब्दावली की बाधा को भी दूर कर सकता है। एक चुनौती यह है कि मैं ज़रूर कुछ काव्यात्मक छूट लेती हूँ — ज़ाहिर है, परमाणु 'बात' नहीं करते हैं और न ही उनमें भावनाएँ होती है जो कविताएँ उन पर थोपती है। लेकिन एक वर्णनात्मक कविता को एक अन्य प्रकार के मॉडल के रूप में भी देख सकते हैं। लुईस संरचना या सन्तुलित रासायनिक समीकरण की तरह इसकी भी सीमाएँ हैं कि यह कैसे और किसका प्रतिनिधित्व कर सकता है। इसलिए, सूचना देने के लिए उपयोग किए जाने वाले मॉडलों, उपमाओं और अन्य रचनाओं की सीमाओं पर चर्चा करना महत्त्वपूर्ण है। लेकिन ये अलग-अलग वर्णन एक-दूसरे के पूरक हैं और जब इनका मिला-जुला उपयोग किया जाता है तो विद्यार्थियों को रसायनविज्ञान की बेहतर, अधिक समग्र समझ प्राप्त करने में मदद मिल सकती है।

एक और चुनौती यह है कि जब भी संवाद करने के लिए मानवीकरण, लोक-संस्कृति या अन्य मानव-केन्द्रित रणनीतियों का उपयोग करते हैं, तो यह हर किसी के लिए काम नहीं करेगा और यहाँ तक कि कुछ लोग शायद असहज महसूस करें। उदाहरण के लिए, मेरे पहले संग्रह में, कुछ ऐसी कविताएँ हैं जो उन विषयों को छूती हैं जो बड़े उम्र के पाठकों के लिए अधिक उपयुक्त हो सकती हैं (जैसा कि विषय सूची में इंगित किया गया है)। कुछ और भी हैं जो सन्दर्भ का उपयोग करते हैं; उदाहरण के लिए, किसी ऐसे टेलीविज़न शो का सन्दर्भ, जिससे लोग केवल एक समय में या दुनिया के केवल एक हिस्से में ही परिचित हैं। ऐसे रूपक आख्यान खोजना मुश्किल हो सकता है जो व्यापक तौर पर दर्शकों को रिझाएँ और शैक्षणिक रूप से प्रभावी हों। यह समझते हुए, मुझे लगता है कि समावेशिता और दर्शकों को ध्यान में रखते हुए, अपनी कविता को विकसित करना, जारी रखना महत्त्वपूर्ण है।

प्रश्न-7 : आप कला और विज्ञान के मेल को कैसे देखती हैं? उदाहरण के लिए, कैसे तथ्य, अचम्भे, जुनून, सुन्दरता और रूपक, विज्ञान और कविता में अलग-अलग अर्थ लेते हैं?

माला : मुझे लगता है कि लोग जितना सोचते हैं, कला और विज्ञान उससे कहीं अधिक एक जैसे हैं। दोनों ऐसे विचारों का उपयोग करते हैं जो लोगों द्वारा हमें दुनिया और उससे हमारे सम्बन्ध को समझने में मदद करने के लिए उत्पन्न किए गए हैं। इस तरह की रचनाओं को विज्ञान में मॉडल कहा जाता है, लेकिन दार्शनिक अर्थों में, वे यथार्थवादी कथा (या यहाँ तक कि विज्ञान कथा) से अलग नहीं हैं। दोनों का उद्देश्य हमें अलग तरह से सोचने को प्रेरित करना है, जैसे मनुष्य एक व्यापक महामारी पर प्रतिक्रिया देते हैं।

ज़ाहिर है, दृष्टिकोण में फ़र्क़ हैं। कलाओं में, प्रक्रिया, कलाकार की मंशा और कलाकार के अपनी रचना से जुड़ाव पर अधिक ध्यान दिया जाता है। दुख की बात है कि विज्ञान इस हद तक अमानवीय हो गया है कि शोध पत्र अक्सर कर्मवाच्य (passive voice) में लिखे जाते हैं और प्रक्रिया को केवल 'न्यूनतम आवश्यक शब्दों' में सीमित कर दिया जाता है ताकि परिकल्पना से परिणामों तक पहुँचा जाए। ज़ाहिर है, कला और विज्ञान दोनों में दोहराने-योग्य प्रक्रिया, परिणाम और आख़िरी उत्पाद, बराबर महत्त्वपूर्ण हैं। लेकिन, मुझे लगता है, व्यक्तिपरक (सब्जेक्टिव) प्रक्रियाओं और व्याख्याओं पर अधिक ध्यान केन्द्रित करने से हमें याद रखने में मदद मिल सकती है। उदाहरण के लिए, यह सम्भव है कि आप और मैं एक ही आँकड़े को देख रहे हों और फिर भी अलग-अलग निष्कर्ष पर पहुँच जाएँ। और ये निष्कर्ष दोनों अलग-अलग सन्दर्भों में उचित हो सकते हैं। लोगों ने जितना पहचाना है, विज्ञान में उससे कहीं अधिक व्यक्तिपरकता है। विज्ञान को एक निरन्तर संवाद और विकसित होती व्यक्तिपरक प्रक्रिया के रूप में देखने की बजाय महज़ तथ्यों और दोहराने-योग्य प्रक्रिया के रूप में देखने से यह उन लोगों के लिए कम रोमांचक और कम प्रभावशाली साबित हो सकता है जो एक बदलाव लाना चाहते हैं और रचनात्मक रूप से योगदान करना चाहते हैं। विज्ञान को प्रभावशाली बनाने के लिए रचनात्मक लोगों की आवश्यकता है! उदाहरण के लिए, अचम्भे, जुनून, सौन्दर्य और रूपक, विज्ञान का उतना ही हिस्सा हैं जितना कि वे किसी अन्य विषयों के हैं, लेकिन विज्ञान में इनका उतना गुणगान नहीं किया जाता है। यह एक कारण है कि बहुत-से लोग विज्ञान को नीरस समझते हैं।

प्रश्न-8 : क्या कुछ ऐसे मुख्य बिन्दु हैं जिन्हें कविता की रचनात्मकता के साथ विज्ञान की गहनता को सन्तुलित करने के लिए किसी वैज्ञानिक-कवि को ध्यान में रखना चाहिए?

माला : यह लक्ष्यों पर निर्भर करता है। कक्षा में रासायनिक अवधारणाओं को कविताओं के माध्यम से पढ़ाने के उद्देश्य से, मुझे लगता है कि काव्यात्मक छूट (जैसे परमाणुओं और अणुओं का बात करना आदि) के दायरे के भीतर जितना सम्भव हो उतना सटीक होना बहुत महत्त्वपूर्ण है। लेकिन अगर किसी का लक्ष्य अन्य तरीक़ों से विचारोत्तेजना करना हो या भावनाओं को सम्प्रेषित करना है (जैसा कि कभी-कभी होता है), तो मैं ऐसे बिम्बों का उपयोग कर सकती हूँ जो शायद 100% सटीक न हों लेकिन वांछित प्रभाव उत्पन्न करते हैं। मुझे लगता है कि अलग-अलग कवि एक निरन्तरता के विभिन्न बिन्दुओं पर होते हैं और मुझे नहीं लगता कि रचनात्मकता और सटीकता परस्पर बेमेल हैं। इसके विपरीत, कभी-कभी सटीक रूप से कुछ व्यक्त करने के लिए रचनात्मक होने की आवश्यकता होती है (उदाहरण के लिए क्वांटम मैकेनिक्स)।

प्रश्न-9 : अपने एक लेख में, आप कहती हैं: *''मैं आव्हान करती हूँ कि सभी वैज्ञानिक अपनी व्यक्तिगत वैज्ञानिक कहानियों के बारे में काव्यात्मक रूप से लिखने के लिए समय निकालें और एक-दूसरे के साथ व्यापक रूप से साझा करें, ताकि हमें नियमित रूप से याद रहे कि विज्ञान एक मानवीय प्रयास है।''* क्या आप इसे विस्तार में बता सकती हैं?

माला : कविता विशेष है क्योंकि यह निहित रूप से निजी है। उदाहरण के लिए, यदि किसी रासायनिक प्रतिक्रिया की प्रगति के बारे में एक कविता लिखने को कहा जाए, तो आपकी कविता मेरी जैसी नहीं लगेगी, जबकि हमारे गद्य विवरण सम्भवतः बहुत अधिक समान होंगे।

कविता प्रत्येक व्यक्ति को विज्ञान से इस तरह जुड़ने का एक तरीक़ा देती है जिससे वे सहज महसूस करते हैं, जो सही-ग़लत के फ़ैसलों से परे उनके अपने अनुभवों से उपजता है। क्योंकि किसी भी चीज़ के बारे में कभी कोई एक 'सही' कविता नहीं होती है। यह प्रत्येक व्यक्ति को एक अनोखी आवाज़ दे सकती है और उस मानकीकृत वैज्ञानिक लेखन की पूरक है जिससे हम सभी परिचित हैं।

प्रश्न-10 : हमारे अधिकांश पाठक स्कूली विज्ञान शिक्षक हैं, जिनसे हमें आशा है कि वे आपकी कविताओं का उपयोग रसायनविज्ञान पढ़ाने में करेंगे। क्या आपके पास उनके लिए कोई सुझाव है?

माला : कविताओं को शामिल करने के कई तरीक़े हैं और विद्यार्थियों को अपनी ख़ुद की रचना करने के लिए उन्हें एक उत्प्रेरक के रूप में उपयोग किया जा सकता है। मैं अपनी लगभग सभी कक्षाओं में अपनी कविता का उपयोग करती हूँ और लगभग सभी उन्हें अवधारणाओं के साथ जुड़ने के एक अन्य तरीक़े के रूप में सहायक पाते हैं। जब मैं रचनात्मक कार्य देती हूँ, तो अक्सर प्रभावशाली कविताएँ लिखते हैं।

इसी तरह, मैं ऐसे शिक्षकों को जानती हूँ जो या तो केवल एक कविता का वाचन करते हैं, विद्यार्थियों के लिए किसी कविता में कहानी को दर्शाने वाला एक पोस्टर बनवाते हैं या उसका चित्रांकन करने को कहते हैं या किसी कविता पर आधारित संख्यात्मक या अवधारणात्मक सवाल को हल करते हैं। शिक्षकों को मेरा सुझाव होगा कि वे अपने विद्यार्थियों को रासायनिक अवधारणा या प्रक्रिया के बारे में कविताएँ लिखने के लिए प्रोत्साहित करें। वे यह देखकर चकित हो जाएँगे कि उनके विद्यार्थी क्या रचना कर सकते हैं। विद्यार्थियों की कविताएँ विज्ञान के साथ जुड़ने का एक मज़ेदार तरीक़ा होने के साथ-साथ उनके दिलचस्प विचारों को समझने का अवसर प्रदान कर सकती हैं। कभी-कभी, वे शिक्षकों को विद्यार्थियों की ग़लतफ़हमियों पर रोशनी डालने में भी मदद कर सकती हैं जो पारम्परिक आकलन में स्पष्ट नहीं हो सकती थीं।

प्रश्न-11: कोई विचार जो आप हमारे पाठकों के साथ साझा करना चाहेंगी?

माला : हम अक्सर विज्ञान के बारे में 'तथ्यों' के एक समूह के रूप में सोचते हैं जो हमसे बाहर कहीं स्थित होते हैं। लेकिन जो मॉडल इस बात को आकार देते हैं कि हम दुनिया के बारे में कैसे सोचते हैं, वे लोगों द्वारा ही विकसित किए गए थे और अगर कुछ दूसरे लोगों ने भाग लिया होता तो शायद मॉडल भी अलग होते। इसका अर्थ यह है कि आपका दृष्टिकोण आपको विज्ञान में एक अद्वितीय योगदानकर्ता बना देगा। इसलिए एक वैज्ञानिक के रूप में रचनात्मक बनें। और विज्ञान को लोगों तक पहुँचाने के लिए अधिक 'पारम्परिक' तरीक़ों के अलावा, ऐसे तरीक़े खोजें जो आपके सन्दर्भ में काम आएँ — ऐसा करते हुए, आप दूसरों को दुनिया को एक नए तरीक़े से समझने के लिए प्रेरित कर सकते हैं!

Notes:

1. Excerpts from some of Mala Radhakrishnan's poems can be found here: *https://oreillyscienceart.com/chemistry-poetry.*
2. Teachers interested in connecting with Mala Radhakrishnan can reach her at: mradhakr@wellesley.edu.
3. The questions for the interview were prepared by Radha Gopalan & Chitra Ravi (Editors, i wonder...).
4. Source of the image used in the background of the article title: Chemistry Lab. *URL: https://pixnio.com/science/chemistry/science-laboratory-bottles-chemicals-chemistry. License: CC0.*

अनुवाद : अमित कुमार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करना

अनीश मोकाशी

पूर्णा लर्निंग सेंटर में कक्षा-4 में विज्ञान गतिविधि सत्र के लिए प्रवेश करने पर मैंने सबसे पहले जिन चीज़ों पर ध्यान दिया, उनमें से एक थी विद्यार्थियों की मेज़ों पर रखे गुब्बारे। विद्यार्थियों ने बताया कि उन्होंने अपने शिक्षक के साथ अभी-अभी वायु से सम्बन्धित बातों पर चर्चा की थी। उनमें से एक ने दिखाया कि कैसे वह अपने गुब्बारे से हवा निकलने के दौरान उसके मुँह को दबाकर अजीब-सी आवाज़ें निकाल सकता है। हम सब उसके साथ हँसे।

कई विद्यार्थियों ने बताया कि एक गुब्बारे को फुलाकर, उसके मुँह को बिना बाँधे छोड़ने पर जो कुछ होता है, उसे देखकर वे मुग्ध हो गए थे। जब मैंने उनसे यह वर्णन करने के लिए कहा कि ये गुब्बारे कैसे गति करते हैं, तो बच्चों ने टेढ़े-मेढ़े (squiggle), लहरिया (wiggle) और फड़फड़ाना (flutter) जैसे शब्दों का इस्तेमाल किया। यह पूछे जाने पर कि इन गुब्बारों को चलाता कौन है, एक विद्यार्थी ने कहा कि गुब्बारे के मुँह से निकली हवा ने उसे आगे धकेल दिया।

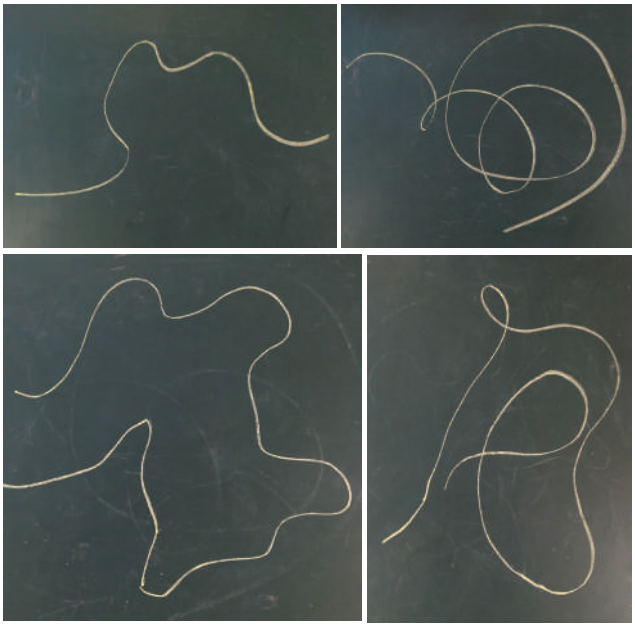
कुछ बच्चों ने यह प्रदर्शित करने की इच्छा जताई कि गुब्बारा कैसे चलता है। हमने उड़ान भरते 7-8 गुब्बारों के पथों का अवलोकन किया। मैंने इन्हें एक-एक करके ब्लैकबोर्ड पर बनाया, ताकि विद्यार्थियों को इन्हें अधिक ध्यान से देखने में मदद मिले (देखें **चित्र-1**)।

हमने देखा कि कैसे गुब्बारे अप्रत्याशित दिशाओं में जाने लगते हैं, गति और दिशा जल्दी-जल्दी और बेतरतीब ढंग से बदलते हैं। मैं ज़ोर से बोला, *"क्या हम गुब्बारे को एक सीधी रेखा में चला सकते हैं?"*

एक विद्यार्थी ने सहजता से एक गुब्बारे के मुँह में एक पेंसिल डाली, उसमें हवा फूँकी और उसे जाने दिया, शायद यह देखने के लिए कि क्या पेंसिल उसे एक सीधी रेखा में चलने को प्रेरित करेगी। जब बाक़ी विद्यार्थी भी अपने विचारों को आज़माने के लिए अपनी-अपनी सीटों से कूद गए, तो मैंने ख़ुद को एक ऐसे वयस्क की सामान्य स्थिति में पाया जो उत्साही और रचनात्मक बच्चों से घिरा हो।

कुछ ही मिनटों के भीतर, विद्यार्थी सहज रूप से समूहों में बँट गए, प्रत्येक समूह में लगभग 3-4 बच्चे थे जो आमतौर पर साथ-साथ रहते थे। कुछ विद्यार्थियों ने गुब्बारे में हवा भरने से पहले उसमें रेत भर दी। लेकिन छोड़ते ही वह सीधे ज़मीन पर गिर पड़ा। इसलिए उन्होंने यह देखने की कोशिश की कि गुब्बारे में से वे कितनी रेत निकाल सकते हैं ताकि वह अभी भी ऊपर उड़ सके, लेकिन सीधा रास्ता अपनाए। एक अन्य समूह ने छोटे कंकड़ों के साथ इसी तरह का प्रयोग किया।

फिर विद्यार्थियों के एक अन्य समूह ने एक गुब्बारे में थोड़ा पानी भर दिया और फिर उसमें हवा फूँक दी। उसे छोड़ने पर, उन्होंने



चित्र-1 : गुब्बारे के पथों का अनुरेखण।
Credits: Anish Mokashi. License: CC-BY-NC.

देखा कि गुब्बारा अपने सामान्य टेढ़े-मेढ़े रास्ते पर नहीं चल रहा था। इसकी बजाय, इसका मुँह एक घेरे में घूमा, बग़ीचे के फुहारे की तरह पानी का छिड़काव करते हुए। आश्चर्य और ख़ुशी की चीखों और शोरगुल के बीच, इसे और ऊँचा उछालना शुरू कर दिया ताकि यह हवा में अधिक समय तक टिका रहे।

जिस विद्यार्थी ने पेंसिल को गुब्बारे में डाला था वह अपने समूह के साथ अन्य चीज़ों से कोशिश कर रहा था। मैंने देखा कि उनका समूह अब चिपकाने वाली टेप से धागे के एक सिरे को गुब्बारे की सतह पर चिपका रहा था। धागे के दूसरे सिरे पर एक पेंसिल बाँध दी, लेकिन पेंसिल गुब्बारे को नीचे की ओर ले जा रही थी और गुब्बारा उड़ान नहीं भर पा रहा था। फिर, उन्होंने पेंसिल की बजाय इरेज़र का उपयोग किया, जिसे वे धीरे-धीरे छोटा करते गए। इन अलग-अलग चीज़ों को आज़माकर ही वे एक ऐसे उपाय तक पहुँच पाए जो गुब्बारे को ज़मीन पर गिराए बिना उसकी उड़ान को सन्तुलित कर सके।

अपने फ़ोन की मदद से मैंने गुब्बारे की उड़ान को सन्तुलित करने के इन प्रयासों के धीमी-गति के वीडियो बनाए। जब मैंने कक्षा के अन्त में इन वीडियो को फिर से चलाया, तो बच्चों ने अपने कुछ विचार और अवलोकन साझा किए (उनमें से सभी विज्ञान से सम्बन्धित नहीं थे)। मैंने इन विचारों को ब्लैकबोर्ड पर समेटने की कोशिश की, अधिकांश समय बच्चों के अपने शब्दों में।

बॉक्स-1 : इन रॉकेट जैसे गुब्बारों की बदलती गति

पिचकते जाने की वजह से इन गुब्बारों का द्रव्यमान कम होता जाता है। यह किसी रॉकेट की गति के समान है जो ईंधन का उपयोग कर रहा है और उसका द्रव्यमान कम हो रहा है। ऐसी स्थिति का वर्णन करने के लिए न्यूटन (Newton) के दूसरे नियम का जो रूप ज़रूरी होता है, वह अधिकांश हाई स्कूल की पाठ्यपुस्तकें में दिए गए रूप से थोड़ा अलग है। इस ज़्यादा सामान्य रूप में, हम इस तथ्य को ध्यान में रखते हैं कि किसी वस्तु का संवेग (momentum) उसके द्रव्यमान में परिवर्तन के कारण भी बदल सकता है और वेग में परिवर्तन के परिणामस्वरूप भी।

मेरा चिन्तन-मनन

मुझे यह दिलचस्प लगा कि बच्चों ने अपने आस-पास उपलब्ध जानी-पहचानी सामग्री का उपयोग करके अपने प्रयोग डिज़ाइन किए। यह भी काफ़ी साफ़ दिख रहा था कि गति को प्रभावित करने वाले कारकों के बारे में बच्चों के अपने विचार थे। काफ़ी सम्भावना है कि वे इन विचारों तक, भौतिक और प्राकृतिक दुनिया में वस्तुओं की गति से जुड़े पूर्व अनुभवों के माध्यम से पहुँचे थे। हालाँकि ये विचार और अवधारणाएँ कभी-कभी कक्षा की बातचीत में प्रकट हुई थीं, लेकिन गुब्बारे की गति के साथ बच्चों द्वारा किए गए ज़्यादातर अन्वेषणों में लिए गए निर्णयों

बॉक्स-2 : न्यूटन के गति के नियम से परिचय

विज्ञान शिक्षा के क्षेत्र में व्यापक शोध से पता चला है कि गति के जड़त्वता की अरस्तूवादी धारणाएँ उन लोगों में भी बनी रहती हैं जिन्होंने हाई स्कूल और स्नातक दोनों स्तरों पर औपचारिक रूप से न्यूटन के गति के नियमों का अध्ययन किया है। उदाहरण के लिए, यह विश्वास कि 'किसी वस्तु को गति में रखने के लिए एक बल की आवश्यकता होती है', या 'किसी वस्तु की चाल बढ़ाने के लिए, ज़्यादा शक्तिशाली बल लगाने की आवश्यकता होती है'। चूँकि ये धारणाएँ भौतिक परिघटनाओं के साथ हमारे दैनिक अनुभवों से काफ़ी सहजता से उभरती हैं, इसलिए इन्हें ठीक करना काफ़ी कठिन होता है। अरस्तू का मानना था कि सभी वस्तुएँ अपने प्राकृतिक स्थान पर जाना चाहती हैं। कोई पत्थर गिरता है क्योंकि वह पृथ्वी तत्व से बना है और इसलिए पृथ्वी का वासी है। इसी तरह बुलबुला हवा का बना होता है, इसलिए वह ऊपर उठता है। गैलीलियो ने इस धारणा पर सवाल उठाया, इसे ग़लत सिद्ध किया और इसकी बजाय तर्क दिया कि जड़त्व सभी भौतिक वस्तुओं की प्राकृतिक प्रवृत्ति होती है। यह न्यूटन का पहला नियम है। विद्यार्थियों को जड़त्व के विचार से परिचित कराने के लिए वैसे ही व्यवस्थित और लगातार प्रयासों की आवश्यकता है जिस तरह से गैलीलियो ने अरस्तू के 'प्राकृतिक गति' के विचार को दुरुस्त किया था और प्रतिस्थापित किया था। ऐसे प्रयास इसलिए भी ज़रूरी हैं ताकि वे किसी वस्तु पर लगाए गए अन्य बलों के प्रभावों के साथ-साथ घर्षण और वायु प्रतिरोध जैसे बलों के प्रभावों को भी देख सकें।

शोध से यह भी पता चला है कि केवल प्रयोग का प्रदर्शन देखना या ख़ुद प्रयोग करना भी इस बात की गारंटी नहीं देते हैं कि विद्यार्थी ऐसी अवधारणाओं की एक सटीक समझ विकसित कर लेंगे जो अक्सर सहजबोध के विरुद्ध होती (ounterintuitive) हैं। इसकी बजाय प्रायोगिक कार्य, विद्यार्थियों के विचारों की अभिव्यक्ति, तर्क-वितर्क और विज्ञान के इतिहास की झलकियों की आवश्यकता है। विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाओं के आधार पर इन सबके बीच आगे-पीछे लौटने की भी आवश्यकता है। इस तरह की प्रक्रियाएँ शिक्षकों को सार्थक समझ बनाने के लिए मदद करती हैं।

शायद, गुब्बारे की उड़ान को सन्तुलित करने की यह (और इसी तरह की) चुनौतियाँ प्रस्तुत करना हाई स्कूल के विद्यार्थियों के लिए 'गति' पर एक इकाई शुरू करने का एक प्रभावी तरीक़ा हो सकता है। गति के बारे में विद्यार्थियों के विचारों को जानने के अलावा यह शिक्षकों को ऐसे ठोस अनुभवों को कुछ हद तक अमूर्त, गूढ़ और अन्तिम स्वरूप से जोड़ने में मदद कर सकता है जिसमें न्यूटन के गति के नियम अधिकांश पाठ्यपुस्तकों में दिखाई देते हैं।

और दिशाओं में ये अव्यक्त रूप से ही शामिल होते थे। वैसे, ये विचार उनके द्वारा किए जाने वाले विभिन्न प्रयासों की कुछ हद तक सफलता के लिए पर्याप्त थे। गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करने के अपने प्रयासों में, यह सम्भव है कि विद्यार्थियों ने गति के बारे में इस तरह के और भी विचार और धारणाएँ चुनी होंगी, बनाई होंगी।

गति के बारे में विद्यार्थियों की यह पूर्वधारणा अभ्यास के दौरान सबसे अधिक नज़र आती थी कि उन्हें यह विश्वास था कि कोई वस्तु जितनी हल्की होती है, उतनी ही आसानी से वह अपना रास्ता बदल लेती है। यदि यह सच होता, तो किसी-न-किसी तरह गुब्बारे का द्रव्यमान बढ़ाने से, गुब्बारे द्वारा मार्ग बदलने की सम्भावना को कम कर देता (दूसरे शब्दों में गुब्बारा उन कारणों के प्रति कम संवेदनशील हो जाता है जो उसका मार्ग बदल सकते हैं; जैसे उसके मुँह से निकलने वाली हवा की दिशा में बेतरतीब परिवर्तन, गुब्बारे के आकार में अनियमितताओं के कारण वायु प्रतिरोध में विविधता और कमरे में हवा के झोंके)। ऐसा लगता है कि इन्हीं कारणों का विचार करके रेत, पानी और पत्थरों से भरकर या पेंसिल अथवा इरेज़र बाँधकर गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करने का प्रयास किया गया। दिलचस्प बात यह है कि यह विचार जहाज़ की गति को सन्तुलित करने के लिए गिट्टी या भार का उपयोग करने के सदियों पुराने विचार जैसा ही है। इस विचार का सम्बन्ध जड़त्व (inertia) के एक पहलू से भी है जो न्यूटन के दूसरे नियम में व्यक्त होता है — किसी दिए गए बल के लिए (यहाँ, गुब्बारे पर उसके मुँह से हवा के निकलने के कारण पैदा प्रतिक्रिया बल), वस्तु का त्वरण (वह दर है जिस पर गुब्बारे के वेग का परिमाण और/या दिशा बदलती है) इसके द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है (**बॉक्स-1** देखें)। हालाँकि यह सम्भव नहीं कि इस उम्र के बच्चों के पास त्वरण की सटीक गणितीय समझ होगी, उनके अन्वेषणों की प्रकृति से पता चलता है कि वे जड़त्व और गति के बारे में कुछ सम्बन्धित विचार रखते हैं। उच्च कक्षाओं में न्यूटन के नियमों को प्रस्तुत करते समय इन विचारों को स्वीकार करने और ध्यान से सम्बोधित करने की आवश्यकता है (**बॉक्स-2** देखें)।

अपने विचारों का परीक्षण करने की प्रक्रिया में, विद्यार्थी कभी-कभी अनायास अन्य अप्रत्याशित घटनाओं की पड़ताल भी करने लगे थे। उदाहरण के लिए, वह गुब्बारा जो अन्दर भरी हवा के दबाव के कारण पानी की फुहार छोड़ते हुए चारों ओर घूमता है, या यह तथ्य कि यदि गुब्बारे में बहुत भारी वज़न हो तो इससे पहले कि अन्दर से निकलती हवा उसे ठीक-ठाक क्षैतिज गति दे पाए, वह ज़मीन पर गिर जाता है। इन अन्वेषणों ने प्रयोगों के पहले, दौरान और बाद में कुछ बातचीत को भी उकसाया जिसमें उन्होंने ऐसी घटनाओं के बारे में कुछ विचार सुझाए एवं विकसित किए। ध्यान देने वाली एक और दिलचस्प बात यह है कि कैसे इन अन्वेषणों में सीखने के सामाजिक पहलू व्यवस्थित रूप से उभरते हैं। इनमें से कुछ ने फौरी सहपाठी समूह का रूप ले लिया जिसमें काम करने के अलावा एक-दूसरे से तुलना करने और सीखने की भी गुंजाइश थी। हर बार जब किसी के पास कोई विचार होता, तो वे अपने समूह के अन्य बच्चों को अपनी बात उस वस्तु या सहायक सामग्री (जैसे चिपकने वाला टेप), जिसका वे उपयोग करना चाहते थे, को दिखाते हुए समझाने की कोशिश करते थे। तब अन्य बच्चे अपनी राय और सुझाव व्यक्त करते। जिस तरह से विद्यार्थियों ने अपने सीखने की ज़िम्मेदारी ली, उससे मुझे एक शिक्षक के रूप में ख़ुशी मिली। साथ ही, जिस तरह से विद्यार्थी बौद्धिक रूप से सक्रिय और व्यस्त रहते हुए पूरे 40 मिनट की कक्षा में इधर-उधर घूमते रहे, उसने मुझे शिक्षण-अधिगम को पूरी तरह से दिमागी गतिविधि के रूप में मानने के नुक़सान की ओर इशारा किया, जिसके ख़िलाफ़ रवीन्द्रनाथ टैगोर ने चेताया है। पुनरावलोकन करते हुए, मुझे यह देखना रोमांचक लगता है कि कैसे इस तरह के अनुभव सीमोर पैपर्ट द्वारा निर्माणवाद के विचारों को प्रतिध्वनित करते हैं, जो सुझाते हैं कि सामग्री को स्पर्श करने या वास्तविक रूप से छेड़छाड़ करने से ज्ञान का निर्माण सुगम हो पाता है।

दुनिया भर में, विज्ञान शिक्षण में ऐसे नवाचार हुए हैं जिन्होंने विद्यार्थियों को इंजीनियरिंग डिज़ाइन की चुनौती पर काम करने में शामिल करने के विचार का समर्थन किया है, जैसी कि यहाँ चर्चा की गई है। भारत में भी, मेकर्सस्पेस या टिंकरिंग लैब्स (एक ऐसा स्थान जिसमें वस्तुओं और उपकरणों को बनाने और सृजन के लिए उपकरण और सामग्री जैसे संसाधन उपलब्ध हों) के माध्यम से बच्चों को सीखने में मदद करने के प्रयास किए गए हैं। पूर्णा में प्राथमिक कक्षा के विद्यार्थियों के साथ यह अनुभव, कक्षा के अन्दर भी, ऐसे अभ्यासों की सम्भावना की ओर इशारा करता है। वे केवल निष्क्रिय श्रोता होने की बजाय विद्यार्थियों को उनके सीखने का स्वामित्व लेने के लिए जगह बनाने में मदद करते हैं। वे शिक्षकों को विद्यार्थियों के विचारों को सुनने और उनके काम का दस्तावेज़ीकरण करने का अवसर भी प्रदान करते हैं। साथ ही, यह उन दृष्टिकोणों और उदाहरणों का विस्तार कर सकता है जिनका उपयोग एक शिक्षक विद्यार्थियों के 'किसी परिघटना के अहसास' को स्कूली विज्ञान से अधिक प्रत्यक्ष और साकार अर्थों में जोड़ने के लिए कर सकता है।

आभार : मैं पूर्णा लर्निंग सेंटर के अपने पूर्व सहयोगियों - कल्याणी मेकला, श्रीजा वेलायुधन, ज्योति कृष्णन और अन्य लोगों को उनकी मदद और समर्थन के लिए धन्यवाद देता हूँ। मैं 'माचू पिच्चू' के बच्चों की उस भावना और उत्साह के लिए सराहना करना चाहूँगा जिन्होंने अपने विचारों पर कार्य किया। मैं समीक्षकों को इस लेख के पहले ड्राफ्ट पर उनकी प्रतिक्रिया और सुझावों के लिए धन्यवाद देता हूँ।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Jigsaw pieces. Credits: Wounds_and_Cracks, Pixabay.
URL: https://pixabay.com/photos/puzzle-piece-tile-jig-jigsaw-game-3306859/. License: CC0.

References:

1. Wikipedia contributors. Variable-mass system [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2022 Oct 7, 22:33 UTC [cited 2022 Oct 30]. *URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Variable-mass_system&oldid=1114717351.*
2. NCERT, Physics Grade XI, Chapter 5, Laws of Motion, Section 5.3: The Law of Inertia. URL: *https://ncert.nic.in/textbook.php?keph1=5-8.*
3. Gurinder Singh, Rafikh Shaikh, & Karen Haydock (2019). Understanding student questioning. Cultural Studies of Science Education, Volume 14, pages 643–697. URL: *https://link.springer.com/article/10.1007/s11422-018-9866-0.*
4. Rabindranath Tagore & L K Elmhirst (1961). 'The Role of Movement in Education' in Rabindranath Tagore, Pioneer in Education: Essays and Exchanges Between Rabindranath Tagore and L. K. Elmhirst. John Murray Publishers, London, UK. *URL: https://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/tagore.pdf.*
5. Seymour Papert and Idit Harel (1991). 'Situating Constructionism' in Constructionism. Ablex Publishing Corporation, New York City, US. *URL: https://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf.*
6. Pramod Maithil (2019). T-LAB: Dream yard for happiness. Learning Curve (4), pages. 49-52. URL: *http://publications.azimpremjifoundation.org/2068/.*

अनीश मोकाशी अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में भौतिकी और शिक्षक-शिक्षा समूहों के साथ काम करते हैं। उनकी पृष्ठभूमि प्रायोगिक भौतिकी से है और वे विज्ञान शिक्षा में काम करते हैं। अनीश ने पहले भारतीय विज्ञान संस्थान (IISc) बेंगलूरु में स्नातक विद्यार्थियों को और पूर्णा लर्निंग सेंटर, बेंगलूरु में स्कूल के विद्यार्थियों को पढ़ाया है; विज्ञान शिक्षक-शिक्षा पर एकलव्य, भोपाल के साथ काम किया। वे विज्ञान सीखने के सन्दर्भ में करने और सोचने के जुड़ाव में, विद्यार्थियों के विचारों और अर्थ-निर्माण, सीखने-सिखाने की संस्कृति और विज्ञान के इतिहास में रुचि रखते हैं।

अनुवाद : अनु गुप्ता **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

सुखद संयोग से हुई एक खोज

डी. पी. कस्बेकर

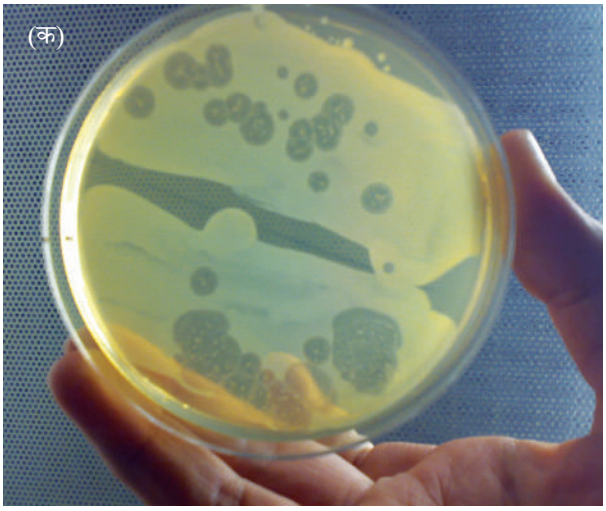
कितनी बार हम वैज्ञानिक खोजों को किसी संयोग या भाग्य से जोड़कर देखते हैं? यहाँ एक वैज्ञानिक हमारे साथ उनका वह अनुभव साझा कर रहे हैं जिसमें कुछ अतिरिक्त कोशिका संवर्धन (कल्चर) की प्लेटों को कूड़े में फेंकने की उनकी अनिच्छा के कारण वे एक असफल प्रयोग का पुनरावलोकन कर सके और इसने एक रोचक खोज का मार्ग प्रशस्त किया।

स्टेरॉल वे चक्रीय लिपिड होते हैं जो हमारे जैसे ससीमकेन्द्रकीय सजीवों (eukaryotes) की कोशिका झिल्लियों की अखण्डता को बनाए रखने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। उदाहरण के लिए, अध्ययनों से पता चला है कि सर्वाधिक पाए जाने वाले स्टेरॉल्स में से एक, कोलेस्टेरॉल के जैव-संश्लेषण में त्रुटियाँ होने पर मनुष्य के भ्रूण के विकास में गम्भीर दोष पैदा हो जाते हैं जिनका परिणाम लगभग निश्चित रूप से भ्रूण की मृत्यु में होता है। इससे यह प्रश्न उभरता है कि क्या ससीमकेन्द्रकियों के कोशिकीय विभेदन और संरचना विकास में स्टेरॉल्स की कोई भूमिका होती है?

इस प्रश्न का उत्तर देने का एक तरीक़ा यह हो सकता है कि ऐसे उत्परिवर्तनों का अध्ययन किया जाए जो किसी तेज़ी से बढ़ने वाले ससीमकेन्द्रकी बहुकोशिकीय जीव (जिसका सरलता से रख-रखाव किया जा सके) के जैव संश्लेषण पथ में त्रुटियाँ पैदा करते हों। पीएचडी के लिए मेरे शोधकार्य (1978-1984) का यही उद्देश्य था। मैंने मिट्टी में रहने वाले स्वतंत्रजीवी अमीबा (Dictyostelium discoideum) *के ऐसे उत्परिवर्तनों की खोज की जिनमें सामान्य झिल्ली स्टेरॉल का स्थान एक पूर्ववर्ती स्टेरॉल ने ले लिया था (देखें* **बॉक्स-1)**। इन उत्परिवर्तियों की सहायता से हम डिक्टियोस्टेलियम के फलनकाय के विकास में सामान्य झिल्ली स्टेरॉल्स के महत्त्व का मूल्यांकन कर सकते हैं (देखें **चित्र-1)**।

ऐसे उत्परिवर्तियों को कैसे प्राप्त किया जा सकता है? उस समय सबसे सरल तरीक़ा यह था कि निस्टेटिन नामक कवकरोधी रसायन के प्रतिरोधक अमीबा का चयन करना। निस्टेटिन एक कवकरोधी ऍम्फोटेरिसिन B नामक रसायन का सम्बन्धी है जिसका उपयोग कोविड-19 के परिणामस्वरूप होने वाले म्युकरमाइकोसिस (ब्लैक फंगस) नामक संक्रमण के उपचार में किया गया है। ये दोनों कवकरोधी सामान्य झिल्ली स्टेरॉल्स के साथ

चित्र-1 : प्रयोगशाला में अमीबा पनपाना।



(क) आच्छादन और पट्टिकाएँ क्या होते हैं? प्लेट में एगर माध्यम का अधिकांश क्षेत्र बैक्टीरिया के एक मटमैले आच्छादन से ढँक जाता है। इस आच्छादन में दिखाई देने वाले गोलाकार स्पष्ट क्षेत्र अमीबा द्वारा बैक्टीरिया का भक्षण किए जाने के कारण बने धब्बे (पट्टिकाएँ) हैं। पट्टिकाएँ आकार में बढ़कर एक-दूसरे के साथ मिल जाती हैं। पट्टिका के भीतर पोषण के अभाव के कारण अमीबा इकट्ठे होकर बहुकोशिकीय पुंज बना लेते हैं जो फिर फलनकायों में परिवर्तित हो जाते हैं। पुंज और फलनकायों को बिना किसी उपकरण के नंगी आँखों से देखा जा सकता है।

Credits: Bala from Kassel, Germany, Wikimedia Commons. 2.0. *URL: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2933881. License: CC-BY-SA*.

(ख) इस पुरस्कृत चित्र में बाईं ओर बैक्टीरिया के आच्छादन पर अमीबा की एक पट्टिका का किनारा 100 गुना आवर्धन में दिख रहा है। अमीबा के पुंज ने बैक्टीरिया (चित्र के बिल्कुल बाईं ओर अवतल धुँधले स्तर के रूप में देखा जा सकता है) का सफ़ाया कर दिया है। दाईं ओर इन पुंजों को फलनकायों में परिवर्तित होते देखा जा सकता है। हर फलनकाय का एक पतला, कुछ मिलीमीटर लम्बा वृन्त होता है जिसके ऊपरी सिरे पर अलैंगिक बीजाणुओं का एक गोला होता है।

Credits: Dr. Dirk Dormann, MRC LMS, Imperial College, London and Nikon Small World. *URL: https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2009-photomicrography-competition/life-cycle-of-the-social-amoebae-dictyostelium-discoideum.* License: Protected by Copyright. Used with permission of the rights owners.

बँधकर स्टेरॉल-कवकरोधी संकुल बनाते हैं। ये संकुल कोशिका झिल्ली में छेद कर देते हैं जिसके कारण कोशिका की अखण्डता समाप्त होकर उसकी मृत्यु हो जाती है। एक ऐसा उत्परिवर्तन जो सामान्य झिल्ली स्टेरॉल के स्थान पर एक पूर्ववर्ती स्टेरॉल को स्थापित कर देता है, इस परिणाम को परिवर्तित कर देता है। चूँकि निस्टेटिन

बॉक्स-1 : प्राकृतवास में, डिक्टियोस्टेलियम अमीबा उन बैक्टीरिया पर पलते और वृद्धि करते हैं जो सड़ती-गलती वनस्पतियों पर जीवित होते हैं। जब अमीबा के भोजन बैक्टीरिया समाप्त होने लगते हैं, तो वे दृश्यमान बहुकोशिकीय पुंज बनाने के लिए हज़ारों की संख्या में इकट्ठा होते हैं। यह पुंज फलनकायों में परिवर्तित हो जाते हैं, जो कुछ मिलीमीटर लम्बे होते हैं। प्रत्येक फलनकाय एक पतले वृन्त से बने होते हैं जिसमें बूँद भर बीजाणु होते हैं। चींटियों और केंचुए जैसे छोटे जीव इन बीजाणुओं को नए खाद्य स्रोतों तक फैला देते हैं जहाँ वे अमीबा बनाने के लिए अंकुरित होते हैं। ये नए अमीबा विकास-विभाजन-प्रकीर्णन चक्र को दोहराते रहते हैं।

इन तेज़ी से बढ़ने वाले अगुणित, ससीमकेन्द्रीय, एककोशिकीय अमीबा को बहुकोशिकीय पुंज बनाने के लिए उकसाया जा सकता है, जो उन्हें विकास में कोशिका-कोशिका का परस्पर सम्पर्क का अध्ययन करने के लिए जीव मॉडल के रूप में बहुत उपयोगी बनाता है। इसके अलावा, प्रयोगशाला में इनकी वृद्धि करना आसान होता है - इन्हें प्रचुर बैक्टीरिया वाले स्थान पर रखा जा सकता है (जिसे एगर-आधारित माध्यम में पेट्री डिश में पनपाया जाता है)। इसलिए, dictyostelium discoideum का उपयोग कई विकासात्मक जीवविज्ञानियों द्वारा फलनकायों के विकास के दौरान कोशिका के विभेद और आकृतिनिर्माण का अध्ययन करने के लिए किया जाता है।

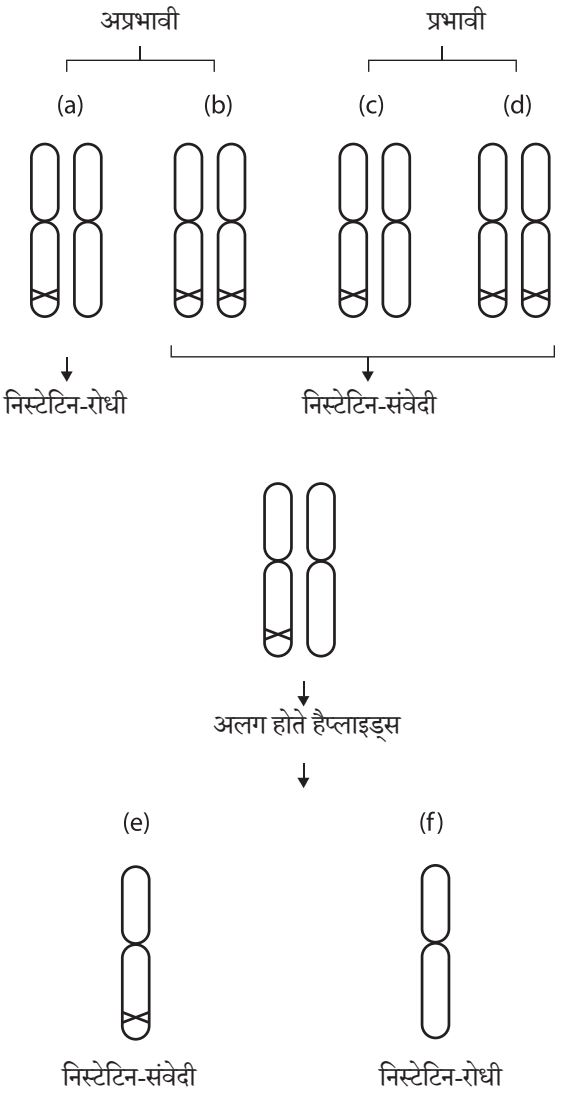
बॉक्स-2 : डिक्टियोस्टेलियम में द्विगुणिता : जीनोम के दो सेट वाली कोशिकाओं को द्विगुणित कहते हैं और जिनमें केवल एक सेट होता है उन्हें अगुणित कहते हैं। उदाहरण के लिए, अधिकांश मानव कोशिकाएँ द्विगुणित होती हैं किन्तु हमारे शुक्राणु और अण्डाणु अगुणित होते हैं।

डिक्टियोस्टेलियम अमीबा सामान्य रूप से अगुणित होते हैं किन्तु कभी-कभी वे संलयित होकर द्विगुणित अमीबा बन जाते हैं। पोषण के अभाव में संलयन होता है और हो सकता है कि यह एक प्रकार का प्रारम्भिक स्वजातिभक्षण है (सम्बन्धित प्रजाति डिक्टियोस्टेलियम कैवेटम में स्वजातिभक्षण देखा गया था)। द्विगुणित बन जाने पर ये अमीबा अनेक कोशिका विभाजनों में द्विगुणित बने रहते हैं किन्तु अन्त में गुणसूत्रों का अतिरिक्त सेट निकल जाता है और वे फिर से अगुणित बन जाते हैं।

पूर्ववर्ती स्टेरॉल के साथ अच्छी तरह बँध नहीं बनाता है, ये उत्परिवर्ती निस्टेटिन के अधिक प्रतिरोधी होते हैं।

निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोध क्षमता प्रभावी या अप्रभावी उत्परिवर्तनों का परिणाम हो सकती है। चूँकि मैं जिस प्रयोगशाला में काम करता था उसके सदस्य अप्रभावी उत्परिवर्तनों वाले अमीबा को अलग कर चुके थे, मेरा उद्देश्य प्रभावी उत्परिवर्तनों को प्राप्त करना था। क्यों? पहले किए गए काम से हमें यह पता चल गया था कि अप्रभावी उत्परिवर्तन प्राय: जीन्स को पूरी तरह निष्क्रिय बना देते हैं और स्टेरॉल के जैव संश्लेषण से सम्बन्धित जीन्स को पूरी तरह निष्क्रिय किए जाने के परिणामस्वरूप ऐसे अमीबा बन सकते हैं जो जीवित ही नहीं रह सकते। इसके विपरीत, प्रभावी उत्परिवर्तन जीन की गतिविधि को आंशिक तौर पर बनाए रख सकते हैं या जीन गतिविधि का नवीन पैटर्न शुरू कर सकते हैं। अतः स्टेरॉल जैवसंश्लेषण के लिए ज़िम्मेदार कुछ जीन्स के मामले में जीवनक्षम अमीबा प्राप्त करने का एकमात्र तरीक़ा प्रभावी उत्परिवर्तन ही हो सकते हैं। यह भी सम्भव था कि प्रभावी उत्परिवर्तनों वाले ऐसे उत्परिवर्ती जीवों में स्टेरॉल जैवसंश्लेषण को प्रभावित करने वाले नए जीन्स की पहचान करने में मदद मिल जाए।

चूँकि प्रभावी और अप्रभावी दोनों उत्परिवर्तन एक ही पथ को प्रभावित करते हैं, इन दोनों के बीच भेद कैसे करें? यह अन्तर द्विगुणित अमीबा में स्पष्ट हो जाता है (देखें **बॉक्स-2**)। यदि निस्टेटिन की प्रतिरोधी अगुणित कोशिका (उत्परिवर्तित) और एक निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील अगुणित कोशिका संगलित हो जाएँ और इसके परिणामस्वरूप बनी द्विगुणित कोशिका निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील हो (आनुवंशिकी विज्ञान की भाषा में वह निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील लक्षणप्ररूप दर्शाता हो) तो हम इस निष्कर्ष पर पहुँच



चित्र-2 : प्रभावी और अप्रभावी उत्परिवर्तनों में अन्तर।

'8' की लम्बी आकृतियाँ गुणसूत्रों को दर्शाती हैं। हर गुणसूत्र जीनोम के एक खण्ड का आरेखीय प्रस्तुतीकरण है। X एक उत्परिवर्तन को दर्शाता है। a,b,c और d द्विगुणित कोशिकाएँ हैं (यानी उनमें जीनोम के दो सेट हैं), जबकि e और f अगुणित कोशिकाएँ हैं (यानी उनमें जीनोम का एक सेट है)। ऊपरी पेनल : अप्रभावी उत्परिवर्तन a के केवल एक जीनोम सेट में उपस्थित है जिसके कारण a निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील हो गया है। b में वह दोनों सेट में उपस्थित है जिसके कारण b निस्टेटिन का प्रतिरोधी हो गया है। इसके विपरीत, एक प्रभावी उत्परिवर्तन के कारण निस्टेटिन के प्रति रोधक्षमता पैदा हो जाती है चाहे वह c के समान एक सेट में हो या d के समान दोनों सेट में हो। द्विगुणित कोशिका में निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोध के लिए चयन c प्रकार की कोशिकाओं में होने की अधिक सम्भावना है बनिस्बत b या d में जिनमें दो स्वतंत्र उत्परिवर्तनों के कारण जीन की दोनों प्रतियाँ निष्क्रिय हो गई हों।

मध्य और निचले पेनल : जब c प्रकार का निस्टेटिनरोधी द्विगुणित वापस अगुणित हो जाता है तब उत्परिवर्तन वाली अगुणित कोशिकाएँ (e) निस्टेटिन-रोधी होती हैं और बिना उत्परिवर्तन वाली कोशिकाएँ (f) निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील होती हैं। चूँकि अगुणीकरण के बाद हमें बिना निस्टेटिन वाले माध्यम पर e प्रकार की अगुणित कोशिकाएँ प्राप्त नहीं हुईं, इससे यह शक हुआ कि निस्टेटिनरोधी द्विगुणित कोशिकाएँ वास्तव में c प्रकार की थीं। बाद में मैंने यह प्रमाणित किया कि निस्टेटिनरोधी द्विगुणित कोशिकाएँ उत्परिवर्तन से बनी c प्रकार की कोशिकाएँ न होकर एक अनोखे निस्टेटिन-निर्भर-निस्टेटिन-प्रतिरोध (NDNR) से उत्पन्न हुई थीं।

Credits: D. P. Kasbekar. License: CC-BY-NC.

सकते हैं कि उत्परिवर्तन अप्रभावी है। इसके विपरीत, यदि परिणामी कोशिका निस्टेटिन प्रतिरोधी हो तो कह सकते हैं कि उत्परिवर्तन प्रभावी है।

पूर्व में वैज्ञानिकों ने अगुणित अमीबा का सम्पर्क निस्टेटिन से करवाकर और उसके विरुद्ध प्रतिरोध क्षमता दर्शाने वाले अमीबा को अलग करके उत्परिवर्ती प्राप्त किए थे। मैंने द्विगुणित अमीबा से उत्परिवर्ती प्राप्त करने का निश्चय किया। क्यों? किसी द्विगुणित कोशिका द्वारा एक अप्रभावी उत्परिवर्तन के कारण निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोधक क्षमता दर्शाने के लिए यह आवश्यक होगा कि दो स्वतंत्र उत्परिवर्तन हों जिनमें से प्रत्येक से एक ही जीन की एक प्रति (एलील) निष्क्रिय हो जाए। इसके विपरीत, एक ही प्रभावी उत्परिवर्तन निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोधक क्षमता प्रदान करने के लिए पर्याप्त होगा। इसका मतलब यह हुआ कि द्विगुणित कोशिकाओं में दो अप्रभावी उत्परिवर्तनों की तुलना में एक प्रभावी उत्परिवर्तन के माध्यम से प्रतिरोधक क्षमता प्राप्त करने की सम्भावना काफ़ी अधिक होगी (देखें **चित्र-2)**।

मैंने प्रयोग की शुरुआत ऐसी पेट्री डिशेस से की जिनमें एगर माध्यम में निस्टेटिन मिलाया गया था। चूँकि डिक्टियोस्टेलियम बैक्टीरिया का भक्षण करता है, मैंने क्लेबसिएला एरोजीन्स नामक बैक्टिरियम की कोशिकाओं को इन प्लेटों में स्थानान्तरित कर दिया और उनकी वृद्धि तब तक होने दी जब तक उन्होंने एगर की पूरी सतह को ढँक नहीं दिया। अधिकांश बैक्टिरिया में स्टेरॉल नहीं होता और इसलिए उन पर निस्टेटिन का कोई प्रभाव नहीं होता। मैंने एक लाख से पाँच लाख तक अमीबा भी इन प्लेटों में डाल दिए। इनमें से अधिकांश अमीबा कवकरोधी के कारण मारे गए। बहुत थोड़े से अमीबा (लगभग एक लाख में एक) कवकरोधी से बच गए और बैक्टीरिया के आच्छादन का भक्षण करते हुए उन्होंने एक पट्टिका या कॉलोनी बना ली (यह वह स्पष्ट गोलाकार क्षेत्र है जहाँ से सारे बैक्टीरिया का सफ़ाया किया जा चुका है)। इनके बचे रहने का कारण यह है कि उनमें एक ऐसा उत्परिवर्तन था जो सामान्य झिल्ली स्टेरॉल के जैवसंश्लेषण को होने से रोकता था। इस प्रकार मुझे कई सारे निस्टेटिन-रोधी द्विगुणित अमीबा मिल गए।

अपने प्रयोग के अगले चरण में मैंने इन कॉलोनियों की बिना निस्टेटिन-रहित प्लेटों पर वृद्धि करवाकर उन्हें फिर अगुणित बना दिया (देखें **बॉक्स-2)**। इन अगुणित व्युत्पन्नों को मैंने बैक्टीरिया के एक आच्छादन पर रखा। यह सम्भावना थी कि जिन अमीबा में निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोधक्षमता बनी रही थी उनमें प्रभावी उत्परिवर्तन रहा होगा, जबकि जो निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील थे उनमें अनुत्परिवर्तित जीन होगा।

अपेक्षा के विपरीत, एक भी अगुणित व्युत्पन्न अमीबा निस्टेटिन वाली प्लेटों पर जीवित नहीं बचा। यह सुनिश्चित करने के लिए कि कहीं कोई त्रुटि तो नहीं रह गई, मैंने इन प्रयोगों को कई बार दोहराया। हर बार निस्टेटिन-रोधी द्विगुणितों से केवल निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील अगुणित व्युत्पन्न ही बनते थे। मुझे यह चिन्ता सताने लगी कि कहीं मेरे सहयोगी मुझे एक ऐसा अक्षम शोधकर्ता न समझने लगें जो प्रयोगशाला के संसाधनों को व्यर्थ में नष्ट कर रहा है।

हैरान करने वाले इन परिणामों का उत्तर काफ़ी बाद में मिला जब मैं एक अन्य प्रयोग की तैयारी कर रहा था। इस प्रयोग का उद्देश्य ऐसे अप्रभावी उत्परिवर्तनों वाले उत्परिवर्तियों को अलग करना था जो निस्टेटिन के प्रतिरोधी हों और फिर जाँच करके एज़ोस्टेरॉल (एक अन्य सूक्ष्मजीवरोधी) के प्रति उनकी संवेदनशीलता पता करना था। मैंने पूर्व में पाया था कि एक क़िस्म के निस्टेटिन प्रतिरोधी एज़ोस्टेरॉल के प्रति संवेदनशील थे जबकि एक अन्य क़िस्म वन्य क़िस्म के समान ही संवेदनशील नहीं थी। यह सुनिश्चित करने के लिए कि वन्य प्रकार के अगुणित अमीबा एज़ोस्टेरॉल युक्त प्लेटों पर वृद्धि कर सकते थे मैंने एक प्रारम्भिक तुलनात्मक प्रयोग किया।

अगले चरण में मैंने इन अमीबा को निस्टेटिन-युक्त एगर प्लेटों पर स्थानान्तरित किया ताकि अप्रभावी उत्परिवर्तनों वाले निस्टेटिन-रोधी उत्परिवर्तियों को अलग किया जा सके। पता चला कि मेरे पास वन्य प्रकार के अमीबा चुक गए हैं। अतः मेरे पास निस्टेटिन वाली कुछ एगर प्लेटें बच गई थीं। इस बीच मैंने तुलनात्मक प्रयोग में जिन एज़ोस्टेरॉल-युक्त प्लेटों का उपयोग किया था उनमें वन्य प्रकार के अमीबा अच्छी तरह पनप गए थे। अतः निस्टेटिन-युक्त अतिरिक्त प्लेटों को फेंक देने के स्थान पर मैंने इन तुलना समूह के अमीबा में से कुछ को उन पर स्थानान्तरित कर दिया और इन प्लेटों को तदनुसार नामांकित कर दिया।

मेरी अपेक्षा यह थी कि एज़ोस्टेरॉल-युक्त प्लेटों पर बढ़ रहे वन्य प्रकार के अमीबा निस्टेटिन के प्रति उसी प्रकार का व्यवहार करेंगे जैसा एज़ोस्टेरॉल रहित प्लेटों पर वृद्धि करने वाले अमीबा कर रहे थे। क्यों? मुझे यह पता था कि एज़ोस्टेरॉल स्टेरॉल्स के जैवसंश्लेषण के एक चरण को बाधित कर देता है। इस प्रकार, निस्टेटिन-रोधी उत्परिवर्तियों के समान ही एज़ोस्टेरॉल की उपस्थिति में वृद्धि करने वाले अमीबा सामान्य स्टेरॉल के स्थान पर एक पूर्ववर्ती स्टेरॉल को संचित करते हैं। यदि इन्हीं प्लेटों में निस्टेटिन मिला दिया जाए तो यह पूर्ववर्ती स्टेरॉल इन अमीबा को उसका प्रतिरोधी बना देगा। किन्तु यदि इन अमीबा को एज़ोस्टेरॉल-रहित वाली निस्टेटिन प्लेटों में स्थानान्तरित कर दिया जाए तो उनमें सामान्य झिल्ली-स्टेरॉल का संश्लेषण करने की क्षमता लौट आएगी जिसके फलस्वरूप वे निस्टेटिन के प्रति संवेदनशील हो जाएँगे।

मुझे यह देखकर आश्चर्य हुआ कि दो दिन के भीतर वन्य प्रकार के जो अमीबा

एज़ोस्टेरॉल-युक्त प्लेटों से स्थानान्तरित किए गए थे वे निस्टेटिन-युक्त प्लेटों पर अत्यधिक वृद्धि दिखा रहे थे। सामान्य प्लेटों से स्थानान्तरित वन्य प्रकार के अमीबा की संवेदनशीलता के विपरीत, इन अमीबा की वृद्धि निस्टेटिन अप्रभावी उत्परिवर्तियों के समान ही अच्छी हुई थी। एज़ोस्टेरॉल से प्राप्त अमीबा निस्टेटिनम के विरुद्ध प्रतिरोधी बने रहने का निहितार्थ यह था कि उनकी वृद्धि के माध्यम में उपस्थित निस्टेटिन स्वयं के विरुद्ध प्रतिरोध क्षमता उत्पन्न कर सकता था।

इस निस्टेटिन-निर्भर-निस्टेटिन-प्रतिरोध क्षमता (NDNR) से मेरे उस प्रयोग का स्पष्टीकरण भी मिल सकता था जिसमें मैंने निस्टेटिन-रोधी प्रभावी उत्परिवर्तनों वाले अमीबा की पहचान करने का प्रयास किया था। जब वन्य प्रकार के द्विगुणित अमीबा को निस्टेटिन-युक्त माध्यम पर रखा गया तब उनमें से अधिकांश कवकरोधी द्वारा तेज़ी से मारे गए थे। केवल कुछ ही अमीबा बचे रहे और उनमें निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोध विकसित हो गया। चूँकि इस परिवर्तन की आवृत्ति उत्परिवर्तनों की आवृत्ति के लगभग बराबर थी, मैंने यह मान लिया था कि यह प्रतिरोध-क्षमता उनके स्टेरॉल जैवसंश्लेषण जीन में उत्परिवर्तन के कारण आई थी। किन्तु अब यह सम्भव लग रहा था कि इन जीवित बचे अमीबा ने (उत्परिवर्तन की अनुपस्थिति में) निस्टेटिन के विरुद्ध प्रतिरोध-क्षमता अर्जित कर ली थी, जो केवल तब तक बनी रही जब तक उन्हें निस्टेटिन-युक्त माध्यम पर रखा गया था।

इससे यह भी स्पष्ट होता है कि क्यों यह प्रतिरोध-क्षमता तब समाप्त हो गई जब अगुणित व्युत्पन्नों को प्राप्त करने के लिए इन अमीबा को निस्टेटिन से हटा लिया गया। इससे इसका भी स्पष्टीकरण मिलता है कि जिन अमीबा को एज़ोस्टेरॉल-युक्त प्लेटों से निकालकर अतिरिक्त निस्टेटिन-युक्त प्लेटों (जिन्हें मैंने फेंका नहीं था) पर स्थानान्तरित करने पर उनकी इतनी ज़ोरदार वृद्धि क्यों हुई। चूँकि एज़ोस्टेरॉल के कारण वन्य प्रकार के स्टेरॉल का स्थान पूर्ववर्ती स्टेरॉल ने ले लिया था, इन अमीबा का एक बड़ा प्रतिशत निस्टेटिन के घातक प्रभाव से इतनी लम्बी अवधि तक बच रहा होगा कि उनमें NDNR विकसित हो गई होगी।

यह एक पूरी तरह नया अवलोकन था जिसमें ऐसा प्रतीत हो रहा था कि निस्टेटिन (न कि कोई उत्परिवर्तन) अमीबा को उसके (निस्टेटिन के) घातक प्रभाव का प्रतिरोधी बनने के लिए प्रेरित करता था। अभी भी कई प्रश्न अनुत्तरित हैं। NDNR का आण्विक आधार क्या है? क्या NDNR कवक या मानव कोशिका में हो सकता है? क्या यह परिघटना एम्फोटेरिसिन-बी के साथ हो सकती है? मेरे पर्यवेक्षक इस बात से हैरान थे कि मुझे एज़ोस्टेरॉल-युक्त प्लेटों पर वृद्धि करने वाले अमीबा को निस्टेटिन-युक्त प्लेटों पर स्थानान्तरित करने का विचार कैसे आया? यह तो एक अजीबोग़रीब काम प्रतीत होता था। प्रभावी उत्परिवर्तियों को प्राप्त करने में मेरी असफलता और अतिरिक्त प्लेटों को न फेंकना, इन दोनों कारणों से ही सुखद संयोग वाली NDNR की खोज सम्भव हो सकी। मेरे ख़्याल में सेमुएल गोल्डविन ने कहा था कि, *"मैं जितना अधिक परिश्रम करता हूँ उतना अधिक भाग्यशाली होता जाता हूँ।"*

Notes:

1. The research described here was published in Antimicrob. Agents Chemother. 27: 974-976, 1985. URL: *https://journals.asm.org/doi/10.1128/AAC.27.6.974.*
2. To read more about cannibalism in slime moulds, refer: Waddell D. R. 1982. A predatory slime mould. Nature 298, 464-466.
3. Source of the image used in the background of the article title: Slime Mould. Credits: Usman Bashir, Wikimedia Commons. *URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dictyostelium_discoideum_43.jpg. License: CC-BY-SA.*

डी. पी. कस्बेकर सेवानिवृत्त वैज्ञानिक हैं।

अनुवाद : अरविन्द गुप्ते **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

हमारे लिए लिखिए...

अगर आप किसी स्कूल में विज्ञान शिक्षक/शिक्षिका, अध्यापक-शिक्षक या शोधकर्ता हैं और आपकी रुचि स्कूली स्तर का विज्ञान पढ़ाने-पढ़ने में है, तो हम आपको सुनना चाहते हैं।

हम उन लेखों का स्वागत करते हैं जो :

- विज्ञान और विज्ञान शिक्षा को एक आलोचनात्मक नज़रिए से देखते हैं,
- स्कूली विज्ञान पाठ्यक्रम के अन्तर्निहित सिद्धान्तों व मूलभूत अवधारणाओं की गहराई से पड़ताल करते हैं,
- विद्यार्थियों की आम धारणाओं को पहचानने, चुनौती देने या उनके निर्माण के तरीक़ों को सामने लाते हैं,
- ऐसी पाठ योजनाओं, गतिविधियों, उचित प्रयोगों, फ़ील्ड गाइड और विज्ञान की कहानियों को सामने रखते हैं जो युवा पाठकों की उत्सुकता और कल्पनाशीलता को बढ़ावा देते हों।
- ऐसी मिसालें हों - जो अर्थपूर्ण और खोजी तरीक़े से विज्ञान सीखने को प्रेरित करती हों।

विशेष रुचि के विषय :

हमारे लक्षित पाठकों को ध्यान में रखते हुए, हमारी रुचि विशेष तौर से ऐसी लिखित सामग्रियों में है जो स्कूली विज्ञान पाठ्यक्रम के निम्न विषयों पर आधारित हो, इनसे सम्बन्धित हो या इनसे बनी हो :

- **भौतिकविज्ञान :** गति; द्रव्यमान और भार; घनत्व; बल और दाब; संवेग; ऊर्जा; कार्य; शक्ति; प्रकाश; ध्वनि; ऊष्मा; विद्युत और परिपथ; गुरुत्वाकर्षण; तारे और सौर मण्डल; और चुम्बकत्व।
- **रसायनशास्त्र :** परमाणु संरचना; आवर्त सारणी; पदार्थ की कण प्रकृति; संरचना और बन्ध; रासायनिक प्रतिक्रिया; अम्ल, क्षार और लवण; हवा और पानी; पदार्थ - धातु और अधातु; और ईंधन।
- **जीवविज्ञान :** सजीव और निर्जीव; कोशिका संरचना और संगठन; जैविक अणु; कोशिकाओं के अन्दर और बाहर संचरण; पादप पोषण और संचरण; मानव पोषण और जानवरों में संचरण; रोग और प्रतिरक्षा; श्वसन; उत्सर्जन; समन्वय और प्रतिक्रिया; आनुवंशिकता; विविधता और चयन; जीव और उनका पर्यावरण; और मनुष्यों का पारिस्थितिक तंत्र पर प्रभाव।

लम्बे लेखों के लिए विषयवस्तु (1500 शब्द)

- **विज्ञान की प्रयोगशाला :** किसी अवधारणा को सिखाने के लिए आज़माए और जाँचे-परखे हुए विचार या प्रायोगिक प्रयोग।
- **इतिहास कथा :** किसी महत्त्वपूर्ण दृष्टिकोण, खोज, अवधारणा या आविष्कार का इतिहास।
- **कुछ अन्दर की/कुछ बाहर की :** किसी जीवित प्रणाली के अन्दर के किसी एक घटक (जैसे पेट) या भौतिक दुनिया के चरम के किसी एक घटक (जैसे ब्लैक होल) का 'जीवन इतिहास', जो प्रथम-व्यक्ति में लिखा गया।
- **जीवनी एक वैज्ञानिक की :** विज्ञान में उनके योगदान को ध्यान में रखते हुए उनका जीवन और काल।
- **शिक्षण :** मानो कि धरती मायने रखती है : टिकाऊपन, पृथ्वी विज्ञान, जलवायु विज्ञान, और प्रणाली के प्रति दृष्टिकोण और सीखने-सिखाने के तरीक़े।
- **विज्ञान शिक्षक काम पर** : प्रथम-व्यक्ति में लिखे हुए विज्ञान पढ़ाने के तरीक़े और दृष्टिकोण।
- **महत्त्वपूर्ण सवाल** : हम विद्यार्थियों को विज्ञान के उन शक्तिशाली या दिमाग़ खोलने वाले विचारों से कैसे परिचित कराएँ जो हमारे कई भ्रामक अनुभवों और असम्बन्धित लगने वाले तथ्यों को बेहतर ढंग से समझने में मदद करते हों?
- **मैं हूँ एक वैज्ञानिक** : वैज्ञानिक होने का क्या मतलब है, वैज्ञानिक बनने की प्रेरणा आपको कहाँ से मिली, आपको किस तरह के सवाल उत्सुक करते हैं, और ऐसा क्या है जो आपको लगता है कि काश मैंने यह स्कूल में सीखा होता?
- **जो सुर्खियों में है :** हाल की सुर्खियाँ विद्यार्थियों और शिक्षकों के लिए समान रूप से रुचिकर क्यों हैं?
- **पुस्तक समीक्षा :** जो किताब आपने पढ़ी है, वह क्यों और कैसे स्कूली विज्ञान सीखने-सिखाने में योगदान देती है।

छोटे लेखों के लिए विषयवस्तु (200-600 शब्द) :

- **मिथक या तथ्य :** आमतौर पर माने जाने वाली ग़लत धारणाएँ बनाम सम्बन्धित उद्देश्य और सत्यापित करने योग्य अवलोकन।
- **10 बातें जो आप नहीं जानते :** किसी अवधारणा, विषय या विषयवस्तु के बारे में ऐसी दस दिलचस्प बातें जिसके बारे में आमतौर पर आपने कहीं सुना-पढ़ा नहीं था।
- **कैसे पता :** हमें कैसे पता है कि कोई तारा पृथ्वी से कितनी दूर है? या, हमारे शरीर में कितने सूक्ष्मजीव रहते हैं? अपने जवाब हमारे साथ साझा करें।
- **विविध (स्निपेट्स) :** क्या आप विज्ञान या वैज्ञानिकों के किसी एक मज़ेदार, आकर्षक, रहस्यमय या प्रेरक पहलू के बारे में जानते हैं?
- **पोस्टर :** किसी भी विषय या विषयवस्तु पर पोस्टर जिसे शिक्षक कक्षा में एक संसाधन के रूप में उपयोग कर सकते हैं।

अपने विचार हमारे साथ साझा करें :

1. **100 से कम शब्दों में एक ऐसी संक्षिप्त रूपरेखा लिखें जो बताए कि :**
   - आप किस बारे में लिखना चाहते हैं,
   - मुख्य सवाल जिन्हें आप सम्बोधित करना चाहते हैं,
   - आपको क्यों लगता है कि यह स्कूली विज्ञान शिक्षक के लिए रुचिकर होगा।
2. **50 से कम शब्दों में अपना एक संक्षिप्त परिचय दें, जिसमें आपके बारे में ये बिन्दु हों :**
   - विज्ञान और/या विज्ञान शिक्षा में पृष्ठभूमि,
   - स्कूली विज्ञान में रुचि का विषय या क्षेत्र

अपने विचार की रूपरेखा और अपना परिचय अँग्रेज़ी, हिन्दी या कन्नड़ भाषा में से किसी एक में इस पते पर कभी भी भेज सकते हैं : *iwonder@apu.edu.in*

हमारे साथ जुड़ें

पढ़ें

हम **अँग्रेज़ी** भाषा में **साल में दो अंक** प्रकाशित करते हैं। एक निश्चित अन्तराल के बाद इन अंकों के **हिन्दी** और **कन्नड़ अनुवाद** भी प्रकाशित होते हैं। हर अंक का एक हिस्सा एक विषय (थीम) आधारित होता है। और कई हिस्से थीम-मुक्त होते हैं।

हमारे ताज़ा अंक की थीम में शामिल हैं : हमारी रासायनिक दुनिया, पूछें एक सवाल, शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है।

थीम-मुक्त हिस्से में शामिल हैं : विज्ञान की प्रयोगशाला, इतिहास कथा, विज्ञान शिक्षक के कार्य, विज्ञान की प्रकृति/विज्ञान क्यों महत्त्वपूर्ण है?, हमारे पड़ोस में जीव-जन्तु, मैं हूँ एक वैज्ञानिक, पुस्तक समीक्षा, जीवनी, शोध, दस बातें जो आप नहीं जानते और प्रत्येक अंक में छोटे लेख/समाचार भी हैं जैसे छोटे स्निपेट, पोस्टर, गतिविधि और स्कूल-स्तरीय फ़ील्ड गाइड।

पूछें और चर्चा करें

हम हर महीने के दूसरे बुधवार को लाइव, ऑनलाइन चर्चा के लिए लेखकों और पाठकों को आमंत्रित करते हैं।

पिछले वर्ष जिन विषयों पर चर्चा की गई थी, उनमें कुछ हैं :

- पोटोमीटर के साथ कुछ अनुभव : किशोर पंवार और शिव पाण्डेय
- अदृश्य को देखना : एक ब्लैक होल की छवि बनाना : राजाराम नित्यानन्द और मूर्ति ओवीएसएन
- मानसिक स्वास्थ्य और महामारी : अवंतिका भाटिया और विजेता रघुराम
- विद्यार्थी, शिक्षक के रूप में : सौरभ सोम और शिव पाण्डेय
- सूक्ष्मजीव संसार का अवलोकन : मीना खरतमल और राधा गोपालन
- पदार्थ की अन्तर्क्रिया : यास्मीन जयतीर्थ और विनय सूरम
- बल की वैकल्पिक अवधारणाओं की खोज : सौरभ सोम और अमोल काटे

हम यहाँ मिलेंगे :

पत्रिका के ताज़ा अंक और ऑनलाइन चर्चाओं के बारे में सूचनाएँ प्राप्त करने के लिए, यहाँ रजिस्टर करें : https://bit.do/IWRegister या हमारे फ़ेसबुक पेज पर हमें फ़ॉलो करें : https://bit.ly/ZUcvmaE

हमारी ऑनलाइन चर्चाओं की रिकॉर्डिंग देखने के लिए, हमारी प्लेलिस्ट यहाँ देखें : https://www.youtube.com/playlist?list=PLVI4qkjTdM70DMzfEuffUoRgIycXZ589u

हमारी मेलिंग सूची की सदस्यता लेने और हर अंक की मुफ़्त हार्ड कॉपी प्राप्त करने के लिए, अपना डाक पता हमें मेल करें : iwonder@apu.edu.in (ध्यान दें : हार्ड कॉपी सिर्फ़ भारत में ही डाक द्वारा भेजी जाएगी।)

मुद्रक तथा प्रकाशक मनोज पी द्वारा अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन फ़ॉर डेवलपमेंट के लिए
आदर्श प्रा. लि., 4 शिखरवार्ता, प्रेस कॉम्प्लेक्स, ज़ोन-1, एम. पी. नगर, भोपाल पिन 462011 से मुद्रित एवं अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, सर्वे नम्बर 66, बुरुगुंटे विलेज, बिक्कनाहल्ली मेन रोड, सरजापुरा, बेंगलूरु, कर्नाटक – 562 125 से प्रकाशित।
सम्पादक : रामगोपाल वल्लत, चित्रा रवि और राधा गोपालन

Diploma Programmes (Education)

Azim Premji University

One classroom, many learning needs.

Join our programmes to make a meaningful contribution in the school system.

- Diploma in **Early Childhood Education**
- Diploma in **Inclusive Education**
- Diploma in **Learning Disability**

APPLY NOW

To know more, visit https://azimpremjiuniversity.edu.in/diplomas-in-education

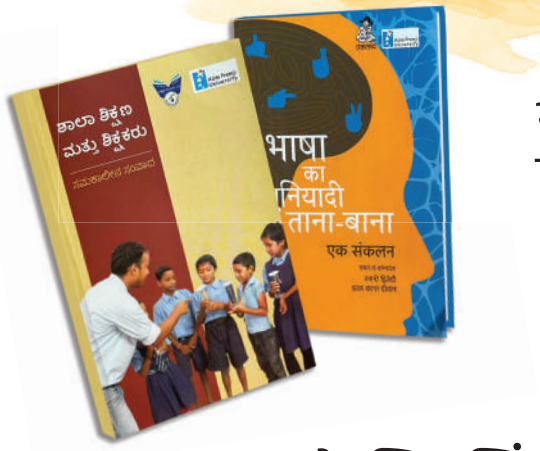
Azim Premji University

Anuvada Sampada

अनुवाद सम्पदा

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय की अनुवाद रिपॉज़ेटरी

अवधारणाओं तथा विचारों के साथ गहराई से जुड़ने हेतु विद्यार्थियों और शिक्षकों के लिए भारतीय भाषाओं में उच्च गुणवत्ता के **3000** से अधिक शैक्षणिक संसाधनों का भण्डार।



भारतीय भाषाओं में शैक्षणिक संसाधनों के लिए निशुल्क, ओपन-एक्सेस पोर्टल

- पुस्तकें और पुस्तक अंश
- अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय के प्रकाशनों से लेख
- विभिन्न संगोष्ठियों और रीडरों से चुनिन्दा लेख

अनुवाद सम्पदा के लिए लिंक :
https://anuvadasampada.azimpremjiuniversity.edu.in/

क्रियाओं की व्याख्या !

लेखक : रोहिणी चिन्ता

बच्चे अपने नींबू और चम्मच लेकर बिल्कुल स्थिर खड़े थे। जैसे ही सीटी बजी, वे आगे दौड़ने लगे। कुछ नींबू चम्मचों से नीचे गिर पड़े और इससे प्रतिभागियों और दर्शकों के मुँह से निराशा की चीख़ निकल गई।

मिट्टू फिनिश लाइन के क़रीब पहुँच रहा था, तभी ताता (दादा) ने कहा, "बहुत बढ़िया, मिट्टू-मिट्टू, आगे बढ़ो।" मिट्टू ताता की ओर मुड़ा और टप्प! से उसका नींबू चम्मच से गिर गया। मिट्टू दौड़ से बाहर हो गया था।

घर लौटते ताता और मिट्टू कुछ देर चुपचाप चलते रहे। फिर ताता ने माफ़ी माँगते हुए कहा, "मुझे तुम्हारा नाम नहीं पुकारना चाहिए था।"

"मुझे मुड़कर नहीं देखना चाहिए था।" मिट्टू मज़ाकिया अन्दाज़ में हँस दिया।

ताता ने कहा, "आहा! न्यूटन के नियम।"

"क्या?" मिट्टू ने जिज्ञासावश उन्हें देखा।

ताता ने कन्धे उचकाकर कहा, "न्यूटन के गति के नियम" और फिर थोड़ा रुककर बोले, "तीन नियम जो सभी प्रकार की गति की व्याख्या करते हैं।"

मिट्टू ने पूछा, "किसी भी तरह की गति?"
"हाँ।"

वे घर के पास पार्क में पहुँचे चुके थे। मिट्टू ने पार्क में बच्चों को देखा। "रेसिंग,

दौड़ना, झूलना, कूदना, गिरना, रस्सी कूदना, गेंद फेंकना, सब?"

"हाँ।"

मिट्टू ने सड़क पर देखकर कहा, "साइकिल चलाना और ड्राइविंग?"
"हाँ।"

ऊपर आकाश की ओर देखते हुए, मिट्टू ने पूछा, "उड़ते हुए पक्षी? धरती का घूमना? चाँद का पृथ्वी की परिक्रमा करना? सारी क्रियाएँ?"

ताता ने सिर हिलाते हुए कहा "हाँ"

"वाह!" मिट्टू ने हैरान होकर कहा, "कैसे?"

ताता ने घर का गेट खोलते हुए कहा, "तुम्हारे हाथ-मुँह धोने के बाद।"

"पाँच मिनट में आता हूँ!" और मिट्टू दौड़ा-दौड़ा अन्दर गया। जब मिट्टू वापस आया तो ताता अपनी कॉफ़ी पी रहे थे। उसने उत्सुकता से कहा, "अब बताइए।"

ताता ने कहा, "नींबू और चम्मच की दौड़ की शुरुआत में सभी स्थिर खड़े थे?"

"लगभग!"

"चलो मान लो कि सभी स्थिर थे या खड़े हुए थे। सबके मुँह में चम्मच भी स्थिर थे और उन चम्मचों में नींबू भी स्थिर थे। इनमें से कोई भी नहीं चल रहा था?"

मिट्टू ने सिर हिलाया।

"लेकिन जब सीटी बजी, तो सभी फिनिश लाइन की ओर बढ़ने लगे। तुम्हारा शरीर

विश्राम की स्थिति से गति की स्थिति में तब्दील हो गया?"

"हाँ।"

"तुम चम्मच को मज़बूती से पकड़े हुए थे, लगभग ऐसे कि जैसे कि यह तुम्हारे शरीर से जुड़ा हो। तो जब तुम चले, चम्मच तुम्हारे साथ चला?"

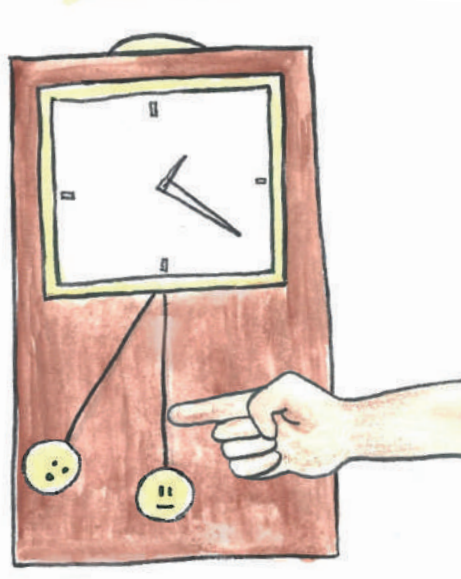
मिट्टू ने सिर हिलाते हुए कहा, "और चम्मच पर रखा नींबू भी।"

"और क्या तुमको लगता है कि अगर तुम न चले होते, तो चम्मच और नींबू दौड़ में आगे निकल गए होते?"

"बिल्कुल नहीं!" मिट्टू ने कहा। वह थोड़ा हैरान लगा।

"ऐसा इसलिए क्योंकि जो चीज़ स्थिर अवस्था में हो, स्थिर ही रहती है और जो चीज़ गति की अवस्था में हो गति में ही रहती है, जब तक कि कोई बल उस पर नहीं लगता।

जो चीज़ जो कर रही है वही करते रहने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं। जब तुम खड़े थे, तो आगे बढ़ने के लिए कुछ बल की आवश्यकता थी। उसी बल ने चम्मच और नींबू पर भी कार्य किया और विश्राम स्थिति को गति में बदल दिया।"



मिट्टू अब भी कुछ असमंजस में लग रहा था।

ताता ने आगे कहा, "उदाहरण के लिए झूलों को लें। जब तक तुम इसे धक्का नहीं देते, यह स्थिर रहेगा। धक्का देना वह बल है जिसका उपयोग तुम इसकी विश्राम की स्थिति को बदलने के लिए कर रहे हो।

इसी तरह, एक रुकी हुई कार उसी अवस्था में रहेगी। जब तुम कार स्टार्ट करते हो तो इंजन बल प्रदान करता है जो इसे गतिमान कर देगा।

इसी तरह पेंडुलम (दोलक) घड़ी को देखो। उसका दोलक तब तक आगे-पीछे होता रहेगा जब तक कि तुम इसे ज़बरदस्ती बन्द नहीं कर देते या इसे चलाने वाले गियर्स न टूट जाएँ।

मिट्टू ने इस बारे में सोचने के लिए कुछ समय लिया। फिर पूछा, "लेकिन उन बच्चों का क्या जिन्होंने अपने नींबू शुरू में ही गिरा दिए?"

"वे बच्चे झटके से विश्राम से गति की स्थिति में आ गए। दूसरे शब्दों में, उन्होंने कुछ ही सेकंड में तेज़ गति प्राप्त कर ली, है न?"

"अहं — हम्म।"

"किसी विशेष दिशा में चाल को वेग कहा जाता है। समय के सापेक्ष वेग परिवर्तन की दर को त्वरण कहते हैं। उन बच्चों ने अचानक से एक बड़ा त्वरण महसूस किया। उनके शरीर और मुँह में चम्मच बहुत तेज़ी से आगे बढ़े।

नींबू की जो सतह चम्मच के सम्पर्क में थी, चम्मच के साथ आगे बढ़ी, लेकिन बाक़ी नींबू स्थिर रहा। इसकी वजह से नींबू चम्मच से लुढ़क गया।"

मिट्टू ने पूछा, "मेरे साथ ऐसा क्यों नहीं हुआ?"

"क्योंकि तुमने अपना वेग धीरे-धीरे बदला, गति को अपने पैरों से चम्मच तक और चम्मच पर रखे नींबू तक पहुँचने का समय दिया।"

मिट्टू ने आश्चर्य में पूछा, "फिर, जब मैं आपकी ओर मुड़ा तो मेरा नींबू क्यों गिर गया?"

"तुमने उसकी गति की दिशा अचानक बदलने की कोशिश की। तुम, चम्मच और नींबू सभी एक सीधी रेखा में चल रहे थे। जब तुम मुझे देखने के लिए मुड़े, तो तुमने अपने सिर को हिलाने के लिए जो बल लगाया, उससे मुँह में चम्मच और उस पर रखे नींबू भी हिले। लेकिन यह बहुत जल्दी में हुआ। इस मामले में भी, नींबू का वह भाग जो चम्मच के सम्पर्क में नहीं था, अपनी दिशा इतनी जल्दी नहीं बदल सका।"

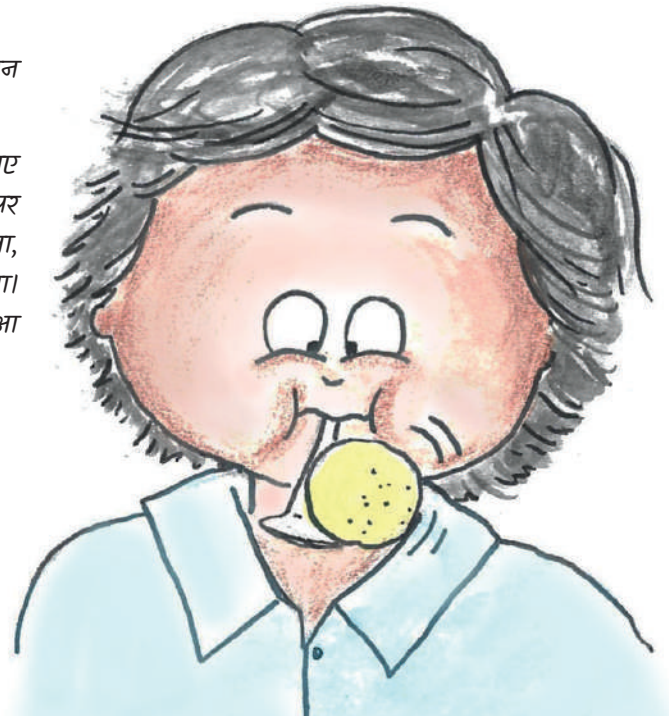
"जड़त्व के कारण?" मिट्टू ने पूछा।

"हाँ। एक सीधी रेखा में चलने का जड़त्व। तो वह चम्मच के किनारे से लुढ़ककर नीचे गिर गया।"

"और उन बच्चों का क्या जिनके नींबू फिनिश लाइन पर रुकने के समय गिर गए?"

"वही कारण। इस बार, बच्चे, उनके मुँह में पकड़े गए चम्मच और नींबू सभी गतिमान थे। फिनिश लाइन पर जब उनका शरीर अचानक स्थिर अवस्था में आया, उनके मुँह में चम्मच भी स्थिर अवस्था में आ गया। लेकिन क्योंकि उनका वेग इतना तेज़ी से कम हुआ था, नींबू आगे बढ़ता रहा और लुढ़क गया।"

मिट्टू कुछ असमंजस में दिखा।



ताता ने कहा, "यह काफ़ी हद तक झूले झूलने जैसा है। जब तुम तेज़ गति वाले झूले से छलाँग लगाते हो तो ज़मीन को छूते ही तुम्हारे पैर स्थिर अवस्था में आ जाते हैं, लेकिन ऊपरी शरीर अभी भी गति में होता है। ऐसे में या तो तुम आगे झुकते हो या कुछ क़दम आगे चलते हो। और अगर ऐसा नहीं किया, तो क्या तुम भी नींबू की तरह नहीं गिरोगे?"

"हाँ!" मिट्टू ने कहा।

"यह न्यूटन का पहला नियम है — सब चीज़ें अपनी स्थिर या एकरूप गति की अवस्था में बनी रहती हैं, जब तक कि किसी बाहरी बल द्वारा अवस्था बदलने के लिए मजबूर न किया जाए।"

"एकरूप गति?" मिट्टू ने पूछा।

"यानी जब कोई वस्तु एक ही दिशा में चलती है और समय के समान अन्तराल में समान दूरी तय करती है। दूसरे शब्दों में, वस्तु का वेग स्थिर (एक जैसा) रहता है।"

"अब समझा।" मिट्टू ने उत्सुकता से पूछा, "दूसरा नियम क्या है?"

"तुम्हारी नींबू दौड़ की ही बात करते हैं", ताता ने खेल के मैदान की तरफ़ इशारा करते हुए पूछा, "क्या तुमको चम्मच और नींबू मुँह में पकड़कर दौड़ने में बहुत ज़्यादा कठिनाई हुई? क्या वे भारी थे? क्या तुमको नींबू और चम्मच के साथ दौड़ने के लिए बहुत अधिक बल या शारीरिक शक्ति का प्रयोग करना पड़ा था? क्या तुमको अपना रास्ता बनाने के लिए बहुत ज़ोर लगाना पड़ा?"

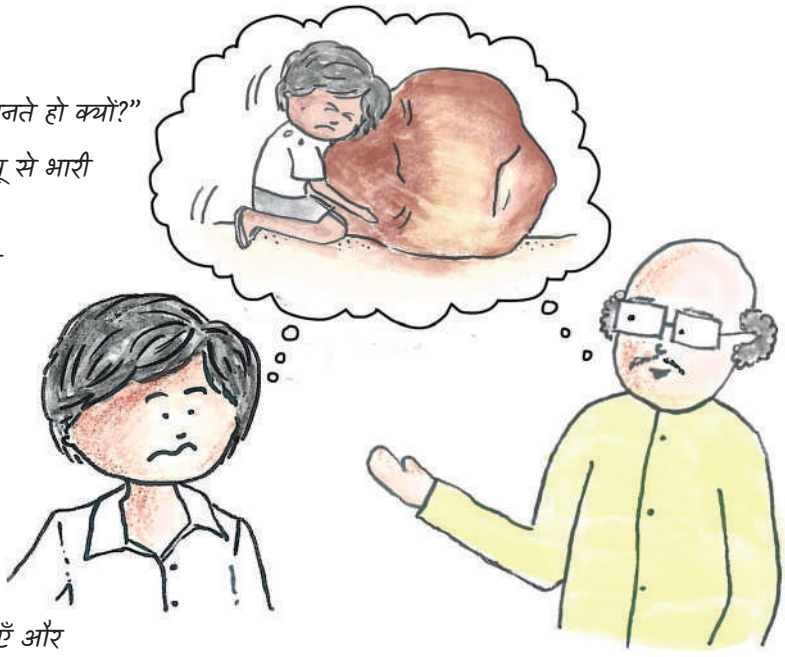
मिट्टू ने हँसकर कहा, "क्या कहते हैं!"

"क्या होता अगर तुम इसकी बजाय एक बड़ा पेपरवेट लेकर जा रहे होते?"

मिट्टू ने विचार करते हुए कहा, "वो थोड़ा कठिन होता।"

"और तब क्या होता यदि तुम एक बड़ा पत्थर लेकर जा रहे होते?"

"आप कहना क्या चाह रहे हैं?" मिट्टू ने थोड़ी उलझन के साथ ताता को देखा, "मैं तो पत्थर को उठा भी नहीं पाता, उठाकर दौड़ने की तो बात ही जाने दें।"



"बिल्कुल!", ताता ने शान्ति से कहा, "जानते हो क्यों?"

मिट्टू ने सोचकर कहा, "क्योंकि पत्थर नींबू से भारी होता है।"

ताता ने कहा, "बिल्कुल सही! किसी वस्तु का द्रव्यमान जितना अधिक होता है, उसे स्थानान्तरित करने के लिए उतने ही अधिक बल की आवश्यकता होती है। जब मैं द्रव्यमान कहता हूँ, तो मेरा मतलब किसी वस्तु में मौजूद पदार्थ, अणुओं या परमाणुओं की मात्रा से है।"

तो अगर मैं और लम्बा और मोटा हो जाऊँ तो मेरा द्रव्यमान बढ़ जाएगा क्योंकि मेरे शरीर में और ज़्यादा कोशिकाएँ और अणु होंगे, है न?" मिट्टू ने पूछा।

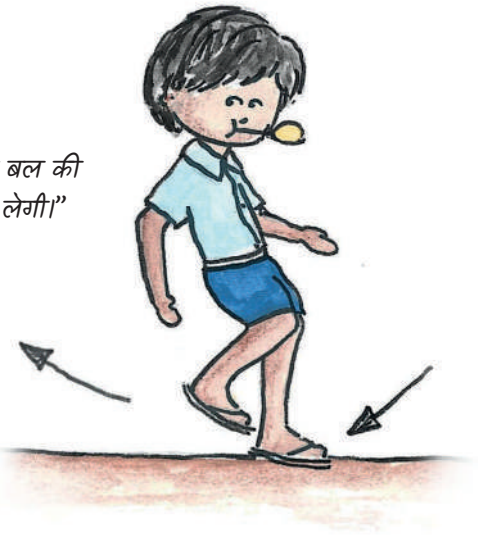
"हाँ।" ताता ने सहमति जताई।

मिट्टू ने ताता की ओर देखकर कहा, "और जितना अधिक मेरा द्रव्यमान होगा, आपको मुझे इस कुर्सी से उठाने के लिए उतनी ही अधिक शक्ति लगेगी?"

ताता ने कहा, "हाँ। किसी वस्तु को तेज़ या धीमा करने के लिए भी मुझे उतना ही अधिक बल लगाना होगा। उदाहरण के लिए, कल्पना करो कि मैं एक झूले को धक्का दे रहा हूँ, जिस पर एक बच्चा बैठा है। फिर कल्पना करो कि लगभग उसी द्रव्यमान का एक और बच्चा झूले पर बैठ जाता है। अब, मुझे झूले को धकेलने के लिए बहुत अधिक बल लगाना होगा। एक बच्चे को बैठाकर झूले को किसी ऊँचाई तक ले जाने में जितना बल लगता है, उतनी ही ऊँचाई तक दो बच्चों को एक साथ झुलाने के लिए कहीं अधिक बल लगाना होगा।"

मिट्टू ने इस में अपनी बात जोड़ते हुए कहा, "यदि दो बच्चे बैठे हों तो झूले को धीमा करने या रोकने के लिए भी आपको और ज़्यादा बल लगाना होगा। है न?"

"बिल्कुल सही!" कहते हुए ताता मुस्कराए, "यह न्यूटन का दूसरा नियम है। लगाया गया बल द्रव्यमान और त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है। $F = ma$."



"समझ गया!" मिट्टू चहक उठा।

"और यदि तुम किसी वस्तु का द्रव्यमान और उस पर कार्य करने वाले बल की मात्रा जानते हो, तो बता सकते हो कि वस्तु कितनी तेज़ी से वेग पकड़ लेगी।" ताता ने जोड़ा।

"बढ़िया!" मिट्टू ने कहा।

"अब बारी है गति के तीसरे और अन्तिम नियम की," ताता ने कहा।

"बिल्कुल!" मिट्टू ने उत्साह से कहा।

"फिर से, नीबूं और चम्मच पर लौटते हैं। जब तुमने दौड़ना शुरू किया था, तब तुम्हारे पैर ज़मीन को पीछे की ओर धकेल रहे थे या आगे?" ताता ने पूछा।

"ज़ाहिर है पीछे की तरफ़, ताता।" मिट्टू ने अपनी आँखें घुमाते हुए कहा, "अगर मेरे पैर ज़मीन को आगे की ओर धकेल रहे होते, तो मैं पीछे की ओर दौड़ रहा होता।"

"बिल्कुल सही। तो तुम ज़मीन को पीछे धकेल रहे थे और ज़मीन तुमको आगे धकेल रही थी, है न? जितना अधिक बल तुम ज़मीन को पीछे धकेलने में लगाओगे, उतना ही अधिक बल ज़मीन तुम्हें आगे की दिशा में धकेलने के लिए लगाएगी," ताता ने मुस्कुराते हुए कहा।

"ओ! आप सही कह रहे हैं! यानी आगे की तरफ़ दौड़ने के लिए मुझे ज़मीन को पीछे की ओर धकेलना पड़ेगा। फिर यह ज़मीन ही है जो मुझे आगे की तरफ़ धक्का देगी?"

"बिल्कुल। यह न्यूटन का तीसरा नियम है। हर क्रिया की बराबर और विपरीत प्रतिक्रिया होती है। चलो मैं तुमको एक और उदाहरण देता हूँ। यदि कोई कार खम्भे से टकराती है, तो कार को भी नुक़सान क्यों होता है?"

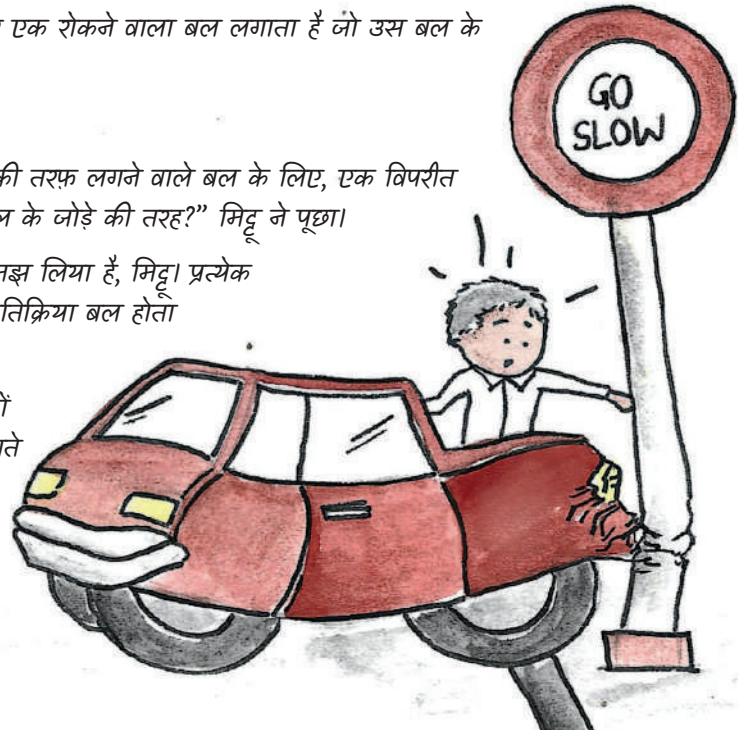
मिट्टू ने धीरे-धीरे कहा, "क्योंकि खम्भा कार पर एक रोकने वाला बल लगाता है जो उस बल के बराबर होता है जिससे कार टकराती है?"

ताता ने हामी में सिर हिलाया।

"आपके कहने का मतलब है कि प्रत्येक आगे की तरफ़ लगने वाले बल के लिए, एक विपरीत या पीछे की तरफ़ लगने वाला बल होता है? बल के जोड़े की तरह?" मिट्टू ने पूछा।

"शाबाश! तुमने न्यूटन के तीसरे नियम को समझ लिया है, मिट्टू। प्रत्येक क्रिया बल के लिए, एक समान और विपरीत प्रतिक्रिया बल होता है।"

मिट्टू ने एक आँख दबाकर कहा, "सभी क्रियाओं को समझाने के लिए धन्यवाद" और बाहर भागते हुए बोला, "अब बारी है इनका अभ्यास करने की।"



लेखक के बारे में :

रोहिणी चिन्ता *यूनिवर्सिटी कॉलेज फ़ॉर वूमेन, हैदराबाद के जेनेटिक्स और बायोटेक्नोलॉजी विभाग में असिस्टेंट प्रोफ़ेसर (सी) हैं। उन्हें बच्चों के लिए लिखने का शौक़ है और उनका मानना है कि "एक ख़ुशहाल बचपन एक ख़ुशहाल समाज का निर्माण करता है।" बच्चों के लिए उनकी लगभग 110 कहानियाँ विभिन्न पत्रिकाओं में प्रकाशित हो चुकी हैं। उनका काम देखने के लिए उनकी वेबसाइट देखें : www.popscicles.com।*

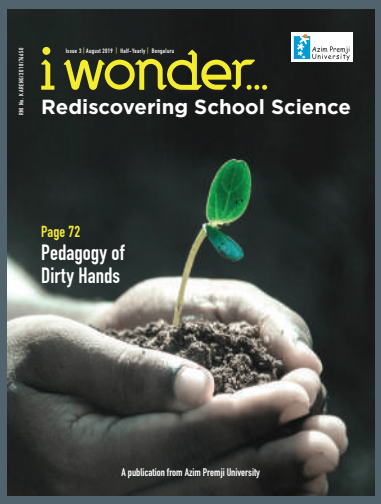
डिज़ाइन और चित्रांकन : *विद्या कमलेश* ***अनुवाद :*** *विवेक मलिक*

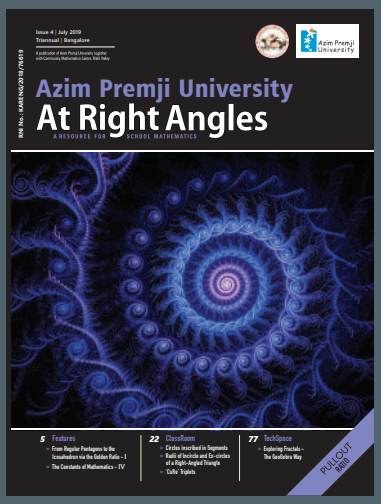
पुनरीक्षण : *सुशील जोशी* ***कॉपी एडिटर :*** *अनुज उपाध्याय*

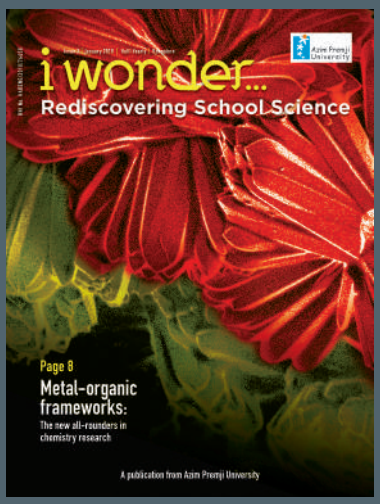
Azim Premji University

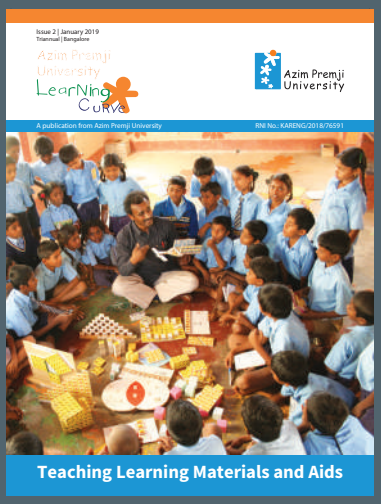
Azim Premji University

Other Magazines of Azim Premji University









"क्लोरीन एक घातक विषैली गैस है जिसे प्रथम विश्वयुद्ध में यूरोपीय युद्धक्षेत्रों में इस्तेमाल किया गया था। सोडियम तेज़ी-से अभिक्रिया करने वाली धातु है जो पानी के सम्पर्क में आते ही जलने लगती है। लेकिन ये दोनों साथ मिलकर एक सौम्य और ग़ैर-विषैला पदार्थ 'सादा नमक' बनाते हैं। इन पदार्थों में से प्रत्येक के जो गुणधर्म होते हैं, वे क्यों होते हैं यही रसायनविज्ञान कहलाता है।"

- कार्ल सेगन

आई वंडर... के अगले अंक में पढ़ें '**रासायनिक दुनिया**' के बारे में

Azim Premji University
Survey No 66, Burugunte Village, Bikkanahalli
Main Road, Sarjapura, Bangalore 562125.
Facebook: /azimpremjiuniversity

Instagram: @azimpremjiuniv

080 66144900
www.azimpremjiuniversity.edu.in

Twitter: @azimpremjiuniv

222599