केन्द्रित किया (प्रीस्टले के पास प्रकाश का कोई तीव्र स्रोत न होने के कारण उसे सूर्य पर निर्भर रहना पड़ा)। आज ज़रूर हम ऐसी मोमबत्ती जलाने के लिए अधिक विकसित तरीके इस्तेमाल कर सकते हैं, जैसे कि किसी तीव्र प्रकाश स्रोत की किरणों को लैंस से उस पर केन्द्रित करके या फिर बिजली की चिन्गारी से। प्रीस्टले ने इस तरह सिद्ध किया कि पौधे किसी प्रकार से हवा का संघटन, अर्थात्त उसमें शामिल चीज़ों को, बदल देते हैं।

1772 में किए गए एक अन्य प्रयोग में प्रीस्टले ने एक बन्द जार में एक चूहे को रखा। चूहा कुछ दिनों बाद मर गया। पर उसने पाया कि चूहे को एक पौधे के साथ रखने पर वह ज़िन्दा रहता है। हालाँकि हम इस प्रयोग को दोहराने की और निर्दोष पशुओं को चोट पहुँचाने की राय नहीं देते। (शिक्षक प्रयोग का वर्णन करके विद्यार्थियों से निष्कर्ष निकालने को कह सकते हैं।)

**पौधे और प्रकाश**

यान इंजेनहाउज़ ने प्रीस्टले के काम को आगे बढ़ाया और दिखाया कि पौधों को ऑक्सीजन बनाने के लिए प्रकाश की ज़रूरत होती है (इसके कुछ वर्ष पहले 1772 में कार्ल विल्हेम शीले द्वारा ऑक्सीजन खोजी जा चुकी थी)। हालाँकि इंजेनहाउज़ की यह धारणा गलत थी कि पौधों द्वारा बनाई गई ऑक्सीजन, कार्बन डाईऑक्साइड से आती थी।

फिर भी, इंजेनहाउज़ यह दिखाने वाला पहला व्यक्ति था कि पौधों की इस प्रक्रिया के लिए, जो 'किसी प्रकार से मोमबत्ती और जानवरों द्वारा दूषित की गई हवा को शुद्ध बनाती है,' प्रकाश नितान्त आवश्यक था।

1779 में, इंजेनहाउज़ ने एक बन्द पारदर्शी जगह में एक पौधा और एक मोमबत्ती रखी। उसने इन्हें दो–तीन दिन तक धूप में रखा। इससे निश्चित हो गया कि भीतर की हवा मोमबत्ती के जलने लायक शुद्ध हो गई होगी। परन्तु उसने मोमबत्ती नहीं जलाई। इसके बाद, उसने इस पूरी व्यवस्था को एक काले कपड़े से कई दिनों तक ढका रहने दिया। फिर जब उसने मोमबत्ती जलाने की कोशिश की तो वह नहीं जली।

इंजेनहाउज़ ने निष्कर्ष निकाला कि ज़रूर अन्धेरे में पौधे ने किसी प्रकार जानवर जैसी क्रिया की होगी। उसने ज़रूर साँस लेकर हवा को दूषित कर दिया होगा। और हवा को शुद्ध करने के लिए पौधों को रोशनी की आवश्यकता होती है। (शिक्षक प्रयोग का वर्णन करके विद्यार्थियों को निष्कर्ष निकालने के लिए कह सकते हैं।)

***नीरजा राघवन, पीएच.डी., अज़ीम प्रेमजी फाउण्डेशन, बंगलौर में ऐकेडमिक्स और पैडागॉजी की सलाहकार हैं। उन्होंने रसायन शास्त्र में अपनी डॉक्ट्रेट अमेरिका के प्रिंस्टन विश्वविद्यालय में पूरी की। शिक्षा के क्षेत्र में दस वर्षों से अधिक काम के अनुभव के साथ–साथ कई वर्षों तक वे स्वतंत्र लेखिका भी रही हैं। प्रमुख अखबारों तथा पत्रिकाओं में उनके 70 से अधिक लेख प्रकाशित हैं। वे एनसीईआरटी सिलेबस रिव्यू कमेटी और टैक्सटबुक डिवैलपमैन्ट कमेटी 2006 की सदस्य भी रही हैं। उनसे सम्पर्क के लिए ईमेल पता है: neeraja@azimpremjifoundation.org***

## बच्चों के लिए विज्ञान को रोचक कैसे बनाएँ

***यास्मीन जयतीर्थ***

बच्चों के लिए विज्ञान को रोचक बनाने की बात करने से पहले कुछ बुनियादी प्रश्न पूछने की आवश्यकता है – विज्ञान रोचक न हो, यह कैसे हो सकता है? और, स्कूल का विज्ञान नीरस और उबाऊ क्यों होता है?

पहले प्रश्न का उत्तर देने के लिए विज्ञान की परिभाषा इस प्रकार कर सकते हैं कि यह इन्द्रियों के द्वारा, या इन्द्रियों की क्षमता का विस्तार करने वाले उपकरणों के द्वारा ब्रम्हाण्ड का निरीक्षण है। इसके बाद, ब्रम्हाण्ड जिस तरह काम करता है हम उसके मॉडल बनाते हैं। इस परिभाषा को देखते हुए यह समझना मुश्किल है कि कैसे विज्ञान रोचक नहीं हो सकता! यह तो वैसी ही आनन्ददायी खोज है जैसी सभी शिशु और बच्चे करते हैं। वे इधर–उधर रेंगते हुए, चीज़ों को देखते हैं, उन्हें उठाते हैं, फेंकते हैं, उनका स्वाद लेते हैं और अपने निरीक्षणों से सीखते हैं। मेरे परिचित एक बच्चे ने अभी–अभी सीखा है कि हर चीज़ पटकने पर उछलती नहीं। साल दर साल, इस सीखने के विस्तार में चीज़ों के अन्तर्सम्बन्ध और अमूर्त बातें शामिल होती जाती हैं।

जहाँ तक दूसरे प्रश्न के उत्तर का सम्बन्ध है, पूरी शिक्षा व्यवस्था पर ही सवाल ना उठाकर (यद्यपि उत्तर अन्ततः इस पर ही निर्भर करता है), यह पूछना ज़रूरी है कि, 'जब हम पाठ्यपुस्तकों के द्वारा विज्ञान पढ़ाते हैं तो हम क्या पढ़ाने की कोशिश कर रहे होते हैं?' सबसे पहले तो विज्ञान और तकनीक (टैक्नोलॉजी) के बीच में भ्रम की स्थिति है। दूसरे, इसको लेकर भी भ्रम है कि वैज्ञानिक साक्षरता में क्या निहित है, अर्थात विज्ञान 'प्रक्रिया' है या 'विषयवस्तु?' तीसरे, हमारी पाठ्यपुस्तकों में हमने अपेक्षाकृत सरल सामग्री को छोड़कर काफी आगे की सामग्री को शामिल कर लिया है, जिसके लिए बच्चों के वर्तमान ज्ञान में ठीक आधार नहीं होता। उदाहरण के लिए, दसवीं की निर्धारित एसएसएलसी पाठ्यपुस्तक में रॉकेट का समीकरण और

रॉकेटों तथा उपग्रहों की चर्चा थी, जबकि न तो न्यूटन के गति के नियम पूरे समझाए गए थे और न ही गणित में लघुगणक (लॉगरिथ्म) पढ़ाए गए थे।

विज्ञान को *प्रक्रिया* की तरह पढ़ाने में, जिसके द्वारा विद्यार्थी *विषयवस्तु* सीखते हैं, अधिकांश ऐसी कठिनाई से छुटकारा मिल जाएगा जिसका सामना इस विषय को सीखने में विद्यार्थी करते हैं। कठिनाई यह कि इस विज्ञान का उनके परिचित संसार से कोई सम्बन्ध नहीं दिखता और बिना जुड़ाव के अलग-थलग तथ्यों को याद रखना कठिन होता है। खोज की पद्धति का अनुसरण करने वाली कुछ उत्कृष्ट पुस्तकेंऔर कार्यक्रम उपलब्ध हैं। एकलव्य के कार्यक्रम, होमी भाभा साइन्स सेन्टर की स्मॉल साइन्स सीरीज की किताबें (इन किताबों की समीक्षा के लिए पृष्ठ 62 देखें), और एनसीईआरटी की प्राथमिक विज्ञान की पाठ्यपुस्तकें इनके कुछ उदाहरण हैं। ये स्कूलों में व्यापक तौर पर नहीं अपनाई गई हैं। मेरी राय में, इनमें एक दोष है – वह यह कि इनके आधार पर आसानी से मूल्यांकन करना सम्भव नहीं है। खोज की पद्धति से विद्यार्थियों ने जो सीखा है, उसके लिए परीक्षाएँ बनाना कठिन है, क्योंकि उसमें कोई ऐसे तथ्य नहीं होते जिन्हें दोहराया जा सके। पर जिस दोष का मैंने उल्लेख किया, वह किताबों का नहीं बल्कि स्वयं मूल्यांकन व्यवस्था का है। हम जिस तरह पढ़ाते हैं और सीखते हैं उसमें कोई आमूल परिवर्तन तब तक नहीं हो सकता, जब तक कि हम पढ़ाने और सीखने के मूल्यांकन के ढंग में आमूल परिवर्तन नहीं करते, और यह अपने आप में एक खोज का विषय है।

> आप किसी मनुष्य को कुछ सिखा नहीं सकते, आप केवल उसके स्वयं के भीतर वह खोज लेने में उसकी मदद कर सकते हैं।
>
> – गैलिलियो गैलिली

बहुत संक्षेप में कहें तो विद्यार्थियों को सार्थक और रोचक लगने के लिए कक्षा में विज्ञान का दृष्टिकोण प्रयोगात्मक होना चाहिए। विज्ञान शिक्षक कई कारणों से कक्षा में विज्ञान पढ़ाने के लिए प्रयोगात्मक पद्धति अपनाने के बारे में आशंकित हो सकते हैं। प्रयोग खर्चीले होते हैं, कक्षा की व्यवस्था गड़बड़ाती है, खतरे की सम्भावना हो सकती है, और वे बहुत समय लेते हैं। फिर भी, वास्तविकता यह है कि स्कूल स्तर का अधिकांश विज्ञान वाकई में प्रयोगात्मक प्रकृति का होता है, और इस दृष्टिकोण से उसका ज्ञान हासिल करना अपेक्षाकृत आसान होता है। यह तथ्य, कि सोडियम एक चाँदी-सी चमकीली धातु है जो पानी से उग्र रूप से प्रतिक्रिया करती है, पढ़ देने की अपेक्षा इसे वस्तुतः दिखाना अधिक समझदारी की बात है। इसके प्रदर्शन की नाटकीयता के कारण तथ्यों को याद रखना भी ज़्यादा आसान हो जाता है।

इससे भी अधिक महत्व की बात यह है कि जब हम प्रयोगों के द्वारा विज्ञान सिखाते हैं तो विद्यार्थी कई महत्वपूर्ण कौशल भी सीखते हैं। वे अपने हाथों से काम करने का, निरीक्षण करने का, और आँकड़े एकत्रित करने का कौशल सीखते हैं और भी गहरे स्तर पर। वे सीखते हैं कि किसी प्रक्रिया के बारे में विचार करना और उसे कार्यान्वित करके परिणाम तक पहुँचाना, दोनों बिलकुल अलग-अलग बातें हो सकती हैं। इससे ऐसे लोगों के बारे में, जो जीविका के लिए अपने हाथों से काम करते हैं, न केवल उनका नजरिया वास्तविक बनेगा, बल्कि वे ऐसे लोगों का आदर करना भी सीखेंगे। वे सीखेंगे कि किसी वक्तव्य को वैसे ही स्वीकार नहीं करना चाहिए; उनके मन में तत्काल यह प्रश्न उठेंगे कि 'कैसे' और 'क्यों'।

मोटी-मोटी बातों की चर्चा करने के बाद, कोई ऐसा शिक्षक जिसके पास बड़ी कक्षा हो, और जो पाठ्यपुस्तकों से बँधा हो, क्या कर सकता है? ऐसे में, प्रक्रिया की तरह से विज्ञान को कई प्रकार से लाया जा सकता है।

पहले तो हम पाठ्य सामग्री को दैनिक अनुभवों से जोड़ सकते हैं। प्राथमिक और माध्यमिक स्तरों पर यह बहुत कारगर होता है। कर्नाटक में कक्षा 5 की प्रचलित पाठ्यपुस्तकों में लीवर्स पर एक पाठ है जिसमें लीवरों और उनकी विभिन्न श्रेणियों को प्रयास, बोझ और आलम्ब की सहायता से पारिभाषित किया गया है। शिक्षक लीवरों के उदाहरण दे सकता है, विद्यार्थियों को स्वयं पता लगाने दे सकता है कि लीवर क्या करते हैं। उनसे निरीक्षण करके दैनिक जीवन में लीवरों के उपयोग के उदाहरणों के साथ कक्षा में वापस आने को कह सकता है। ये साधारण टेक वाली क्रोबार (लोहे की छड़) से लेकर, बोतल का ढक्कन खोलने वाला औजार या चक्की आदि तक हो सकते हैं। फिर, एक उत्साहपूर्ण चर्चा स्वतः शुरू हो जाएगी।

दूसरे, हम किसी खोज की कहानी सुनाकर भी विषय से सम्बन्ध स्थापित कर सकते हैं। किसने खोज की, कब, क्या प्रयोग किए गए तथा खोज का क्या अर्थ और क्या महत्व था? मैं परमाणु की संरचना इसी तरीके से पढ़ाती हूँ। उसकी रूपरेखा इस प्रकार रहती है – डाल्टन का परमाणु का मॉडल और उनकी आधार-मान्यताएँ, बुन्सन और किर्चोफ के फ्लैम टेस्ट, गुणों पर आधारित मेन्डलीव का आवर्ती क्रम, रेडियो धर्मिता की खोज (यह व्यक्तित्वों और कहानियों का बड़ा स्रोत है), थॉमसन का परमाणु मॉडल, रदरफोर्ड के प्रयोग और उन पर आधारित उनका बनाया मॉडल, और बोह्र का मॉडल तथा फ्लैम टेस्ट से उसका सम्बन्ध। इससे पूरी तस्वीर सामने आ जाती है कि वर्तमान मॉडल कैसे विकसित हुआ, अतः उसकी कल्पना करना, याद रखना, और उसका उपयोग करना ज़्यादा आसान हो जाता है। यह पूरी कहानी सुनाने में मुझे छः पीरियड लगते हैं। फ्लैम टेस्ट वास्तविक प्रयोग की तरह ही किए जाते हैं।

तीसरा है, प्रदर्शन करके दिखाना। ऐसे प्रयोगों का प्रदर्शन किया जाएगा जो खतरनाक हो सकते हैं। जिनमें महँगी सामग्री उपयोग होती हो या जहाँ चर्चा के प्रवाह को बनाए रखना हो। ऊपर चर्चित फ्लैम टेस्ट का मैं प्रदर्शन करूँगी,

और हो सकता है कि इसमें विद्यार्थियों को बुलाकर उनसे लवणों को चिमटी से पकड़कर ज्योति में रखने को कहूँ।

चौथा है, बहुत छोटे पैमाने पर आसानी से उपलब्ध सामग्री से छोटे प्रयोग करना। उदाहरण के लिए स्याही भरने के ड्रॉपरों और प्लास्टिक शीटों का उपयोग करना, ताकि विद्यार्थी उसे अपनी डेस्क पर कर सकें। (बॉक्स 2 देखें)

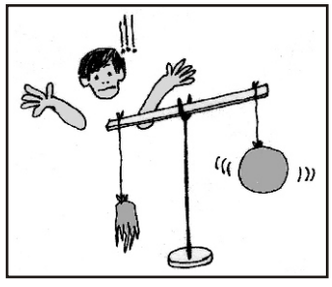
पाँचवां है, प्रायोगिक दृष्टान्त का उपयोग करना। (बॉक्स 1 देखें)

किसी भी विज्ञान के पाठ में उपरोक्त तरीकों का मिलाजुला उपयोग होगा। इस पद्धति में शिक्षक के ऊपर बहुत ज़िम्मेदारी रहती है। उसे निरन्तर ऐसे प्रश्नों पर विचार करना पड़ता है, जैसे कि 'इस अवधारणा को मैं उदाहरण से कैसे समझा सकता हूँ?', 'कौन–सा सरल प्रयोग कारगर होगा?', 'रोज़मर्रा के जीवन में अच्छा उदाहरण क्या है?' आदि। वस्तुतः मैं अभी भी किसी ऐसे सरल प्रयोग की तलाश में हूँ जिससे बॉयल के नियम को मात्रात्मक ढंग से प्रदर्शित किया जा सके।

प्रयोगों के लिए और सरल उपकरण बनाने के लिए, अच्छे स्रोत हैं: इन्टरनेट, कॉलेज की पाठ्यपुस्तकें , लोकप्रिय विज्ञान पुस्तकें , विज्ञान शिक्षण पर यूनिसेफ की मार्गदर्शिका और सबसे महत्वपूर्ण है शिक्षक स्वयं। विज्ञान को मज़ेदार बनाने में बहुत मेहनत लगती है, परन्तु इससे गहरी संतुष्टि प्राप्त होती है। यह शिक्षक के कक्षाएँ लेने के आनन्द को दुगना कर देता है। पर एक सावधानी बरतें – प्रयोगों को कक्षा में करने के पहले एक बार परख लें, क्योंकि कभी–कभी हो सकता है वे आशा के अनुरूप काम न करें। अनेक

**बॉक्स 1 : मोल की अवधारणा को दर्शाना**

मोल, कणों की संख्या का माप है और उसे मापी जा सकने वाली मात्रा से जोड़ता है। अधिकांश विद्यार्थियों को इसकी अवधारणा अमूर्त और समझने में कठिन लगती है। अनेक प्रकार के बीज लेकर – जैसे मूँग, दोखली, राजमा, मूँगफली, सूखी मटर आदि – इसके लिए एक समानान्तर प्रायोगिक दृष्टान्त दिया जा सकता है। प्रत्येक किस्म के सौ बीज गिनकर उनकी मात्रा अलग–अलग ज्ञात कर लें। यदि आपको तराजू सुलभ नहीं है, तो मेरे खयाल से पास की किराने की दुकान वाला मदद कर देगा! सबसे हल्के प्रकार के एक बीज की मात्रा की गणना करें और उसे हाइड्रोजन का नाम देकर इकाई मात्रा मान लें। अब आप इस बीज की मात्रा के अनुपात में हर अन्य प्रकार के एक बीज की मात्रा निकाल सकते हैं। फिर आप किसी दी गई मात्रा में किसी प्रकार के कितने बीज होंगे, इसकी गणना कर सकते हैं। इसके बाद आप इस उदाहरण को आगे बढ़ाकर आपेक्षिक परमाणु मात्रा के विचार से जोड़ सकते हैं। यह वैसा ही है जैसे कि किसी बीज की औसत आपेक्षिक मात्रा।



पुस्तकों में यह दर्शाने के लिए कि हवा में भार होता है, एक प्रयोग दिया रहता है। इसमें एक आलम्ब पर रखे रूलर के दोनों सिरों पर एक–एक फूला हुआ गुब्बारा लटकाकर उसे सन्तुलित किया जाता है। अब एक गुब्बारे को पिचका देने पर दूसरे गुब्बारे वाला छोर नीचे झुक जाएगा (ऐसा किताबें कहती हैं), क्योंकि भरा गुब्बारा उसे अधिक भारी बनाता है। पर, यथार्थ में उछाल के कारण भरा गुब्बारा ऊपर उठ जाता है।

**बॉक्स 2 : रसायनों का वर्गीकरण – अम्ल, क्षार और संकेतक**

किसी विशेष प्रकार के फूल एकत्रित करें। हर बच्चा अलग रंग के फूल चुन सकता है। जैसे हिबिस्कस (जवाकुसुम), विंका (सदाबहार), जैकरैंडा (पादप) या मैरीगोल्ड (गेंदा)। उन्हें थोड़े पानी के साथ कुचल लें और उनका रस निकाल लें। रस को तीन भागों में बाँट लें। पहले भाग में नीबू का रस मिलाएँ और दूसरे में चूने का पानी। यदि रंग में कोई परिवर्तन होता है तो उसका निरीक्षण करें। जिस रस के रंग में सबसे बढ़िया परिवर्तन होता है उसकी काफी मात्रा बना लें। उसे संकेतक की तरह इस्तेमाल करें। विद्यार्थियों से परीक्षण करने के लिए अलग–अलग प्रकार के पदार्थ लाने को कहें। कुछ पदार्थ सुझाए जा सकते हैं, जैसे दूध, दही, संतरे का रस, साबुन, शैंपू, चाय, तेल आदि। एक कक्षा ने पाया कि अम्ल खट्टे होते हैं और क्षार कटु होते हैं। उन्होंने उस प्रयोग को आगे बढ़ाते हुए यह जानने की कोशिश की कि क्या सभी खट्टे पदार्थ अम्ल होते हैं और सभी कड़वे पदार्थ क्षारीय होते हैं?

*चित्रांकन : राधिका नीलकान्तन, सेन्टर फॉर लर्निंग, बंगलौर।*

**यास्मीन जयतीर्थ वर्तमान में सेन्टर फॉर लर्निंग, बंगलौर में शिक्षिका हैं। वे आईआईटी, बम्बई से एम.एससी. और इण्डियन इंस्टीटयूट ऑफ साइन्स, बंगलौर से रसायन शास्त्र में पीएच.डी. हैं। उन्होंने यूनिवर्सिटी ऑफ लुईविल और इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑफ साइन्स, बंगलौर में पोस्ट डॉक्टरल कार्य किया है। उनसे इस ईमेल पते पर सम्पर्क किया जा सकता है : spinyarn@gmail.com**