शुरुआत में कुछ दालों की जड़ें अपने अंकुरों की तुलना में ज़्यादा तेज़ी से बढ़ती हैं, जबकि लगभग एक हफ्ते में अंकुर जड़ों से ज़्यादा बढ़ जाते हैं।

अवलोकन और दर्ज करने की प्रक्रिया बच्चों को ठीक–ठीक मापने और आँकड़े दर्ज करने के कौशल सीखने का मौका देती है। वे किसी जैविक क्रियाकलाप में विभिन्न संरचनाओं (पैटर्न्स) को पहचानना भी सीखते हैं। साथ ही साथ समान परिस्थिति में परिणामों का अनुमान लगाना भी सीखते चलते हैं। जीव विज्ञान के इस प्रयोग के द्वारा हम गणित से महत्वपूर्ण सम्बन्ध भी स्थापित कर पाते हैं। सेंटीमीटर में दर्ज की गई जड़ों और अंकुरों की वृद्धि संख्याओं के रूप में ही होती हैं। पर ये संख्याएँ निर्जीव नहीं होतीं बल्कि ये किसी जीवन्त घटना को दर्शाती हैं। इन आँकड़ों का इस्तेमाल करते हुए बच्चों ने बार आलेख और रेखा आलेख बनाए। इन आलेखों ने बच्चों के बीच बहुत ही सक्रिय चर्चा के लिए मार्ग प्रशस्त कर दिया। कई प्रश्नों के तैयार उत्तर नहीं थे। इससे हमने यह सीखा कि विज्ञान हमेशा उत्तरों के बारे में नहीं होता, बल्कि उसे ऐसे प्रश्नों के चारों ओर भी बुना जा सकता है जिनके उत्तर कक्षा की परिस्थितियों में तुरन्त नहीं दिए जा सकते।

बार आलेख और रेखा आलेख के बारे में एक प्रश्न था। यदि बार आलेख सब कुछ समझा देता है तो हमें रेखा आलेख की ज़रूरत क्यों होती है? बच्चों को इसका उत्तर स्वयं ही खोजने दिया गया। एक बच्चे ने शीघ्र ही जान लिया कि जहाँ एक ओर बार आलेख घटना की पूरी तस्वीर दिखाता है, वहीं रेखा आलेख प्रेक्षण की अवधि के दौरान हुए परिवर्तनों पर प्रकाश डाल सकता है। इस प्रकार यह निष्कर्ष निकाला गया कि वक्र आलेख ने केवल अन्तिम परिणाम बताने के बजाय प्रक्रिया को भी प्रतिबिम्बित किया।

यह कहने की ज़रूरत नहीं कि इस प्रयोग में आई संख्याओं ने एक अविस्मरणीय क्रियाकलाप को प्रदर्शित किया। इस कारण इन 'जीवंत बन गई संख्याओं' की सहायता से गणितीय समझ को और बढ़ाया जा सकता है। उन्हीं अंकों का इस्तेमाल अनुपात सीखने के लिए भी किया गया। इन अंकों से जड़ों और तनों की वृद्धि का अनुपात निकाला जा सकता है। यहाँ फिर, अनुपात का अर्थ किसी घट रही क्रिया से जुड़ा रहता है, और इसलिए यह मात्र निर्जीव संख्याओँ का खेल नहीं होता।

> *एक वैज्ञानिक अपनी प्रयोगशाला में केवल तकनीशियन ही नहीं होता; वह एक बच्चा भी होता है जिसके सामने कोई प्राकृतिक घटना घट रही होती है जो उसे परी कथा के समान प्रभावित करती है।*
>
> *– मेरी क्यूरी*

अनुपात की अवधारणा को समझने के लिए इसी तरह के अन्य प्रयोग करवाए गए। उदाहरण के लिए बच्चों ने एक अभ्यास किया जिसमें उन्हें अलग–अलग आयु–वर्गों के बच्चों के सिर और शरीर की लम्बाई को मापना था। सिर की लम्बाई बहुत ही जल्दी, कहें कि छह या आठ वर्षों में अपने अधिकतम तक पहुँच जाती है। हालाँकि शरीर 18 वर्ष की उम्र तक बढ़ता रहता है। स्कूल के शिक्षकों के सिर और शरीर की लम्बाई को भी मापा गया। इस प्रयोग में भी संख्याएँ निर्जीव नहीं थीं। साथ ही साथ हमने इस पर भी बहस की कि सिर अपनी अधिकतम लम्बाई तक इतनी कम उम्र में विकसित क्यों हो जाता है। जन्म के समय कितनी तंत्रिका कोशिकाएँ रहती हैं? क्या व्यक्ति के पूरे जीवन काल में तंत्रिका कोशिकाएँ बढ़ जाती हैं?

प्राथमिक स्कूल के स्तर पर गणित की ऐसी वैज्ञानिक समझ बच्चों को ठोस नींव प्रदान करती है। इससे वे अपनी शिक्षा के बाद के चरणों में ऊँचे दर्जे के, ज़्यादा जटिल और निराकार गणित तथा विज्ञान को बेहतर ढंग से समझ सकते हैं।

जी.एस.जयदेव ने 1992 में दीनबन्धु ट्रस्ट (http://www.deenabandhutrust.org) की स्थापना की थी। वर्तमान में उनका दल नेशनल इंस्टीट्यूट फॉर एडवांस्ड स्टडीज़ के साथ मिल कर कर्नाटक के चामराजनगर जिले में प्राथमिक शिक्षा के सुधार के लिए काम कर रहा है। उनसे सम्पर्क करने के लिए ईमेल है: gsjaydev@rediffmail.com

कक्षा में प्रयोगशाला : मन में आविष्कारी सोच

नीरजा राघवन

इसमें कोई सन्देह नहीं कि अच्छी प्रयोगशाला से विज्ञान सीखने और सिखाने, दोनों में भरपूर मदद मिलती है, और दोनों प्रक्रियाएँ समृद्ध होती हैं। यह बात निर्विवाद रूप से सत्य है। लेकिन भरी–पूरी प्रयोगशाला के बिना भी विज्ञान के सीखने और सिखाने के ढंग में रूपान्तरण सम्भव है। बशर्ते कि हम रोज़मर्रा के अनुभवों का, सामान्यतया पूछे जाने वाले प्रश्नों का, आसानी से मिलने वाली सामग्री का और बस थोड़े से औजारों का–जो खरीदना पड़ सकते है–उपयोग करें।

यदि हम किसी आम विज्ञान कक्षा की शिक्षण–यात्रा का नक्शा बनाएँ, तो वह शायद कुछ ऐसा दिखेगा –

1. शिक्षक पहले निर्धारित पाठ्यक्रम (सिलेबस) पढ़ जाता है।
2. शिक्षक पाठ्यसामग्री के सम्बन्धित अंश पढ़ लेता है।
3. शिक्षक किसी विशेष विषयबिन्दु (टॉपिक) को पढ़ाने के लिए पाठ या पाठों की रूपरेखा बनाता है।
4. शिक्षक निर्धारित पीरियडों में उस विषयबिन्दु को पाठ्यक्रम के अनुसार पूरा पढ़ा देता है।
5. शिक्षक विद्यार्थियों को हल करने के लिए अभ्यासपत्र (वर्कशीट्स) और/या टेस्ट दे सकता है, ताकि उनके सीखने के स्तरों का मूल्यांकन कर सके।

ऊपर दर्शाई गई प्रक्रिया में शिक्षक की भूमिका एक औपचारिक व्याख्याता की होती है, जो यदि अपनी योजनानुसार चलेगा तो निस्संदेह पूरे विषय को कुशलता से पढ़ा देगा। वहीं विद्यार्थी इसमें ज्ञान पाने वाले की निष्क्रिय भूमिका निभाता है। उसे उपस्थित रहकर बस सुनना है। जो भी पढ़ाया जाए उसमें से जितना बन सके उतना स्मृति में संचित कर लेना है, ताकि उसे किसी मूल्यांकन या परीक्षा के दौरान दोहरा सके। यदि शब्दशः दोहरा सके तो और भी अच्छा। यहाँ हमारा ध्यान बरबस इन निम्नलिखित बातों पर जाता है जो इस पद्धति में नदारद हैं: विषय को अनुभव करते हुए सीखना, सहज जिज्ञासा को प्रोत्साहन मिलना, प्रयोगों को करके देखना, प्रेक्षणों को सिलसिले से लिखना, एकत्रित आँकड़ों में कोई तारतम्य या कोई पैटर्न 'देखना', तार्किक दृष्टि से सुसंगत निष्कर्ष निकालना और अन्त में इस रूपान्तरकारी अनुभव से सोच का स्तर बदल जाना।

इनमें से कोई भी बात असम्भव नहीं है। किसी ऐसे स्कूल की चौथी कक्षा के लिए भी नहीं, जहाँ कोई प्रयोगशाला नहीं हो। यह साबित करने के लिए मैं सबसे पहले एक शोधपत्र का सहारा लूँगी जिसमें एक बहुत सरल प्रयोग का वर्णन है। चौथी कक्षा की एक शिक्षिका ने, जिसे अपने विद्यार्थियों को ऊष्मा पढ़ाना था, ऊपर दर्शाई गई पद्धति का रास्ता नहीं चुना। इसके बजाय, उसने (ठण्डे मैसाचुसैट्स में) कक्षा के नौ वर्षीय बच्चों से गरमाहट और ऊष्मा के उन अनुभवों के बारे में पूछकर शुरुआत की जो पिछली नौ शीत ऋतुओं का सामना करते हुए उन्हें हुए थे। (नीचे के बॉक्स का वार्तालाप देखें)

'स्वैटर गरम होते हैं', केटी ने कहा।

'अगर आप किसी हैट के भीतर एक थर्मामीटर रख दें तो क्या वह भी गर्मी दिखाएगा! शायद 90 डिग्री', नील बोला।

'उसे बहुत समय तक उसमें रखा रहने दें तो शायद वह 100, या फिर 200 डिग्री तक चढ़ जाएगा', क्रिश्चियन ने कहा।

बच्चों की पूर्वधारणाओं से ऐसा सीधा–सीधा सामना होने पर उस शिक्षिका ने तय किया कि वह कक्षा को स्वयं इनमें से हर धारणा का परीक्षण करने देगी। इसके लिए उसने बच्चों को हैटों में, स्वैटरों में, और यहाँ तक कि गोल लपेटे गए एक कालीन में भी थर्मामीटर रखने दिए। जब बच्चों ने तापक्रम की पहली कुछ रीडिंगों में कोई अन्तर नहीं पाया, तो उन्हें लगा कि ज़रूर थर्मामीटरों को ज़्यादा समय तक इन चीज़ों में रखना होगा। (किसी मान्यता को छोड़ने में हमें जिस मानसिक प्रतिरोध का सामना करना पड़ता है, उसे यहाँ उस कक्षा की कल्पना करके महसूस किया जा सकता है।) इसलिए उन्होंने थर्मामीटरों को उस रात वैसे ही रहने दिया। अगले दिन लौटने पर उन्हें पूरा यकीन था कि उनके तापमान बहुत ऊँचे होंगे। पर उन्हें कोई खास बदलाव नहीं दिखाई दिया। शिक्षिका चाहती तो वह यहाँ इस सिलसिले को रोककर, उनकी धारणाओं को सुधारती और समझाती कि तापमान क्यों नहीं बढ़े। पर शिक्षिका ने बच्चों को ही यह निर्णय करने दिया कि वे अपनी गलती स्वीकार करें, और उस पर विचार करना, परीक्षण करना और अपने विचारों पर आपस में बहस करना जारी रखें, जब तक कि वे खुद भीतर से अपनी गलत धारणा को छोड़ने और नया ज्ञान ग्रहण करने के लिए तैयार नहीं हो गए।

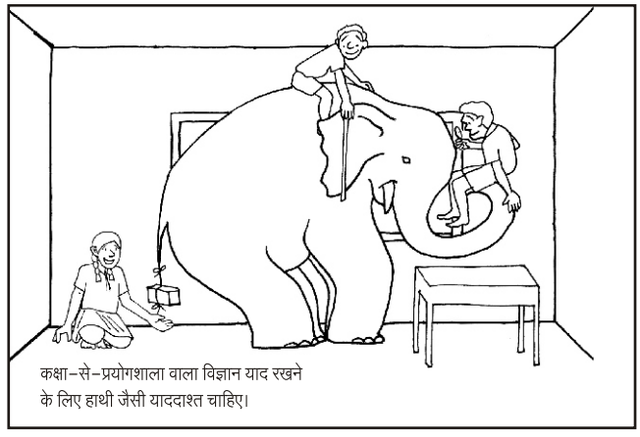
इस कक्षा के बारे में खास बात क्या है? सबसे पहले तो शिक्षिका का जोर निर्धारित पाठ्यक्रम निपटाने पर कम था और विद्यार्थियों की बनी–बनाई धारणाओं को उधेड़ने पर अधिक। फिर उसने समझदारी दिखाते हुए हर बच्चे की मान्यता का परीक्षण होने दिया। धैर्यपूर्वक इंतज़ार किया कि वे अपनी मान्यताओं के गलत होने के बारे में आश्वस्त होकर ही उन्हें छोड़ें।

इस तरह उसने ज्ञान को अपनी सहज गति से बच्चों के मन में उतरने दिया।

यहाँ मैं शिक्षकों के शिकायती प्रतिवाद की कल्पना कर सकती हूँ: 'हर टॉपिक के लिए यह सब करना हमारे लिए सम्भव नहीं है! इस तरह तो हम कभी भी पाठ्यक्रम समाप्त नहीं कर पाएँगे!' हाँ, शायद न कर पाएँ, परन्तु हो सकता है कि आपको फिर से वह सब करने की ज़रूरत न पड़े, और शायद इससे आपको सुखद आश्चर्य भी हो। इसका कारण है कि बच्चों को खुद अपनी धारणाओं की जाँच करने की पूरी प्रक्रिया से गुजरने देने में उन्होंने बहुत कुछ सीखा जो तब उनके बहुत काम आएगा, जब अगले टॉपिक को **खोजने** की बारी आएगी! (निपटाने की नहीं)। **सच तो यह कि दक्षता से अपना काम पूरा करने के नाम पर सारे पाठ्यक्रम को पढ़ा डालने से बच्चों के सोचने के ढंग में कोई परिवर्तन नहीं होता। तब कोई विज्ञान पढ़ाने का दावा कैसे कर सकता है?** दूसरी बात, कि वैज्ञानिक सोच और रोज़मर्रा के जीवन का अन्तर्सम्बन्ध इस कक्षा में इतनी सजीवता से उभरता है कि वैज्ञानिक सोच वाला अध्याय (जो सामान्यतया पाठ्यक्रम का अनिवार्य अंग होता है) अलग से पढ़ाने की कोई ज़रूरत नहीं रह जाती। और क्या इस तरह 'कवर (पूरे)' किए जाने वाले हिस्से की लम्बाई थोड़ी घट नहीं जाती?

साइन्स कम्यूनिकेटर्स फोरम (एससीएफ) ने वैज्ञानिक अवधारणाओं को समझाने के लिए कई कम लागत के तरीके ईजाद किए हैं। उदाहरण के लिए, प्रिज्म के महँगे होने के कारण, एससीएफ के सदस्य उसके स्थान पर काँच का पानी भरा गिलास लेते हैं, और एक सस्ती लेजर टॉर्च का प्रकाश उसमें से गुजारकर प्रकाश का आन्तरिक परावर्तन दिखाते और समझाते हैं। इसी तरह ज़मीनी हवा और समुद्री हवा की अवधारणा समझाने के लिए धातु का ट्यूम्बलर गिलास लेकर उसमें एक तरफ थोड़ा पानी और दूसरी तरफ थोड़ी रेत भरी जाती है। फिर उसे धूप में रख देते हैं और रेत तथा पानी के बीच के विभाजन पर एक अगरबत्ती जलाकर खोंस देते हैं। जब रेत और पानी गरम हो जाते हैं तो अगरबत्ती के धुंए के बहने से हवा की दिशा का पता चलता है। इस तरह विद्यार्थी ज़मीनी हवा और समुद्री हवा के उत्पन्न होने के बुनियादी कारणों के बारे में सीखते हैं। स्रोत: http://timesofindia.indiatimes.com/Education/Beyond_the_chalk_talk_method_of_teaching/articleshow/3935253.cms टाइम्स ऑफ इंडिया 5 जनवरी 2009, बियॉंड द चॉक–टॉक मैथड ऑफ टीचिंग

यह देखना महत्वपूर्ण है कि सोचने के ढंग में बदलाव तभी होता है जब शिक्षक विज्ञान को एक 'क्रिया' की तरह अधिक देखने लगता है, और एक 'संज्ञा' की तरह कम। यानी वह कोई चीज़ न रहकर एक गतिविधि बन जाती है। शिक्षक बच्चों को उनकी मान्यताओं को पहचानने के लिए



कक्षा–से–प्रयोगशाला वाला विज्ञान याद रखने के लिए हाथी जैसी याददाश्त चाहिए।

प्रेरित करने और उन्हें उनकी स्वयं की धारणाएँ बनाने की जगह देता है। जो हम तब कतई नहीं करते जब हमारा ध्यान केवल पाठ्यक्रम पूरा करने पर केन्द्रित रहता है। फिर जब हम बच्चों से उनकी इन मजबूत मान्यताओं की जाँच करवाते हैं, तो हम उन्हें उस सुरक्षित ज़मीन पर छोड़ रहे होते हैं जहाँ वे आश्वस्त और निर्भय महसूस करते हैं। घबराने के बजाय वे आत्मविश्वास के साथ अपनी–अपनी मान्यता का परीक्षण करते हैं। क्या इसके बाद ऐसे बच्चों से यह आशा करना फिजूल होगा कि वह परीक्षण की कसौटी के इस अभ्यास को अपने अन्य मज़बूत विश्वासों पर लागू नहीं करेंगे, उन पर भी जिनका सम्बन्ध कक्षा से बाहर के संसार से है? कतई नहीं! इसलिए सोचने की इस प्रक्रिया को विज्ञान की कक्षा में लाने की बड़ी सार्थकता है। और कम से कम कक्षा 4 और 5 के स्तर पर तो इसके लिए कोई बड़ी हाई–फाई (साज–सामान वाली) प्रयोगशाला भी नहीं चाहिए।

यहाँ आगे *पत्ती* के उदाहरण के द्वारा **निरीक्षण करने, प्रश्न पूछने** और **विचार करने का कौशल** विकसित करने के लिए सुझाए गए कुछ तरीकों का वर्णन किया गया है।

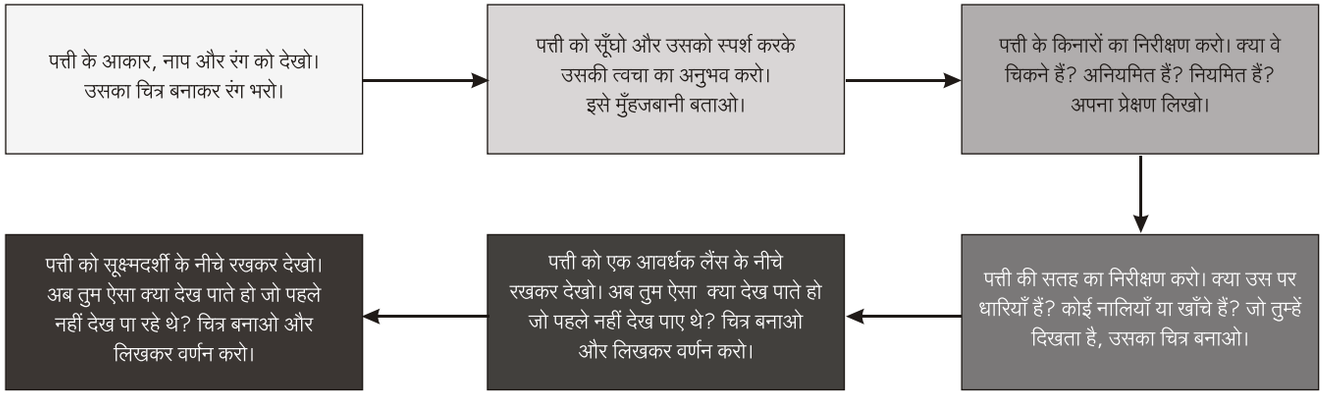
यहाँ यह महत्वपूर्ण है कि शिक्षक पढ़ाए जाने वाले विषय (इस उदाहरण में पत्तियाँ और पौधे) पर जिन वैज्ञानिकों ने काम किया है उनमें से कुछ के नाम और जीवनियों की जानकारी के साथ कक्षा में जाए। ताकि वह बच्चों द्वारा पूछे गए सवालों में से कुछ को उन सवालों से जोड़ सके जो वैज्ञानिकों ने विभिन्न युगों में पूछे। वैज्ञानिकों के बारे में कुछ कहानियों से शुरू करके शिक्षक को बताना चाहिए कि वैज्ञानिक चीज़ों को कैसे देखते थे, और फिर कैसे प्रश्न पूछते थे, जैसे कि बच्चे अभी कक्षा में पूछ रहे हैं। (ऐसी कहानियाँ विभिन्न सन्दर्भ स्रोतों से प्राप्त की जा सकती हैं। ऐसे कुछ स्रोतों की चर्चा इस अंक में अन्यत्र की गई है।) उदाहरण के लिए, पत्ती के बारे में कुछ प्रश्न और उनसे जुड़े कुछ वैज्ञानिकों और खोजों की जानकारी, (जिसे इन्टरनेट से हासिल करने में इस लेखिका को दस मिनिट से भी कम समय लगा) यहाँ प्रस्तुत है–

■ एक ऑर्किड का अध्ययन करते समय वनस्पति शास्त्री रॉबर्ट ब्राउन (1831) ने कोशिकाओं के भीतर एक संरचना की पहचान की, जिसे उसने 'नाभिक' का नाम दिया।

■ 1770 के दशक में, यान इंजेनहाउज़ ने खोजा कि छाया की अपेक्षा धूप के प्रति पौधों की प्रतिक्रिया भिन्न प्रकार की होती है, और इसी खोज के आधार पर 'प्रकाश–संश्लेषण (फोटोसिंथेसिस)' की समझ का जन्म हुआ।

■ 15वीं शताब्दी के बाद संसार की खोज के समुद्री अभियानों पर जाने वाले प्रारम्भिक यूरोपीय अन्वेषकों ने गौर किया कि तुलनात्मक रूप से ऊष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों में बहुत अधिक विविधता वाली प्रजातियाँ पाई जाती हैं। ऐसा क्यों है? (इस सवाल के उत्तर से ही आज के वैज्ञानिकों को पृथ्वी पर जीवन की रक्षा करने में मदद मिलती है।)

निरीक्षण कौशल को क्रमशः और पैना बनाने के लिए दिशानिर्देश: (इन निर्देश–बक्सों का क्रमशः गहराता हुआ रंग निरीक्षण की बढ़ती हुई प्रखरता दर्शाता है)। हम एक पत्ती का उदाहरण ले रहे हैं–



प्रश्न पूछने के कौशल को *क्रमशः* अधिक धारदार बनाने के लिए दिशा–निर्देश: *पत्ती* के उदाहरण में जो प्रश्न उठाए जा सकते हैं या जिन पर चर्चा की जा सकती है, वे कुछ इस प्रकार के हो सकते हैं:

- इस पत्ती का आकार ऐसा क्यों है?
- इस पत्ती के उपयोग क्या हैं?
- यह कब उगती है?
- यह कहाँ उगती है?
- यह कब मर जाती है?
- इसे बढ़ने के लिए किस चीज़ की आवश्यकता होती है?
- इसमें गन्ध क्यों है/ क्यों नहीं है?
- क्या मेरी तरह इसके भी भाई–बहन होते हैं?
- क्या मेरी तरह यह भी एक परिवार का हिस्सा है?
- यह पत्ती किस चीज़ से बनी है?
- क्या हम इसे खा सकते हैं?
- इस पत्ती को कौन खा सकता है?
- क्या समय बीतने के साथ–साथ इसके आकार, नाप और रंग में परिवर्तन होता है?
- क्या अलग–अलग तरह की मिट्टी में उगाने से इसके आकार, नाप या रंग को बदला जा सकता है?
- क्या कीड़ों को इस पर सोना, या इसको खाना अच्छा लगता है?
- हम पत्ती की कीड़ों से या जानवरों से कैसे रक्षा कर सकते हैं?

इसी तरह के अन्य सवाल भी पूछे जा सकते हैं।

एक चेतावनी: सही उत्तर पर पहुँचने की जल्दबाजी में, जो आमतौर पर अनुभव की जाती है, अक्सर कोई मेधावी प्रश्न छूट जाता है। या कई बार लगातार प्रश्न पूछने वाले को नजरअन्दाज़ कर दिया जाता है, और यह अभ्यास सिर्फ सही या गलत उत्तरों पर निशान लगाने की कवायद बनकर रह जाता है। इसलिए मैं पुरजोर सिफारिश करूँगी कि निरन्तर प्रश्न पूछने वालों को सत्र के अन्त तक प्रोत्साहन देते रहकर प्रश्नों की बाढ़ को बनाए रखना चाहिए।

विचार करना: प्रश्नों की बाढ़ के उपरान्त, एक अच्छा मौका हो सकता है (कक्षा की दिलचस्पी और समझ के स्तर को ध्यान में रखते हुए) कि बच्चों में चर्चा के द्वारा जिज्ञासा की आग को थोड़ा और तेज़ किया जाए। प्रश्न करने की शाश्वत वैज्ञानिक परम्परा में बच्चों को शामिल करने की प्रक्रिया का यह महत्वपूर्ण अंग है कि उनके द्वारा पूछे गए प्रश्नों को पहले के प्रश्नों या खोजों से या अभी के अज्ञात पहलुओं से जोड़ा जाए। यहाँ फिर ध्यान देना ज़रूरी है कि **पूछने** के चरण में बच्चों को जल्दी उत्तर देने के लिए ठेलने के बजाय,

सोचने के चरण का खूब इस्तेमाल किया जाना चाहिए। ताकि बच्चे सवालों को अपने भीतर उतर जाने दें, वैसे ही जैसे वे चॉकलेट या टॉफी के साथ करते हैं। वे उसे मुँह में रखकर चूसते हैं और उसके रस को गले में उतरता हुआ महसूस करते हैं! यहाँ खास बात उत्तरों की चिन्ता करना नहीं है, बल्कि हर प्रश्न पर मुक्त, निर्भय ढंग से विचार करना है, और शायद इसके लिए और भी प्रश्न पूछना पड़ें।

हमारे मन में प्रश्न हमारी अपनी समझ और ज्ञान के धरातल से उठते हैं। इसलिए शिक्षक के लिए बेहतर होगा कि वह थोड़ा ठिठककर, पूछे गए सवालों पर निम्नलिखित दृष्टियों से विचार करे, यहाँ हम **पत्ती** का उदाहरण ही जारी रखते हैं:

1. 'यह पत्ती हरी क्यों है?' इस तरह के प्रश्न को शिक्षक अनेक अन्य प्रश्नों से जोड़ सकता है, जैसे कि कोई भी चीज़ रंगीन क्यों दिखती है? क्या हम सभी एक-सा रंग देखते हैं? हर व्यक्ति में रंग को देखने की क्षमता किस चीज़ से आती है? आदि। इस तरह बच्चों से प्रश्नों की एक शृंखला बनाने को कहा जा सकता है। यह ऐसा है जैसे कि हर सवाल एक बुलबुले में हो और पहले बुलबुले के सवाल से एक के बाद एक और तमाम सवालों के बुलबुले निकलते आएँ।
2. पत्ती के आकार और नाप (लम्बाई, चौड़ाई, मोटाई) के बारे में उठे प्रश्नों को शिक्षक अपने आकारों और नापों से, तथा पशुओं और सृष्टि के अन्य अंगों से जोड़ सकता है। कक्षा मिलकर किसी प्राणी के आकार/नाप और उसके काम के बीच अन्तर्सम्बन्ध बताने वाली सम्भावित कड़ियों के बारे में विचार कर सकती है। अगर हाथी इतना विशाल न होता तो फिर क्या वह हाथी होता? अगर कटहल इतना बड़ा न होता तो क्या वह फिर भी इतना स्वादिष्ट होता? आदि।
3. 'पत्ती कैसे उगती है?' ऐसे प्रश्नों को प्रकाश संश्लेषण की खोज की कहानी (नीचे दिया गया बॉक्स 1 देखें) से जोड़ा जा सकता है, जिसके लिए शिक्षक को पहले से तैयारी करके कक्षा में जाना होगा।

बॉक्स 1 प्रकाश-संश्लेषण

ज़्यादातर यह टॉपिक ऐसे पढ़ाया जाता है कि लगता है मानो इसका पूरा रहस्य अचानक वैज्ञानिकों के सामने प्रकट हो गया, जैसे कि जादू की छड़ी घुमाने से होता है। पर ऐसा नहीं हुआ था। इस लेखिका ने एक बहुत रोचक वैबसाइट: http://www.juliantrubin.com/bigten/pathdiscovery.html देखी और उससे 20 मिनिट के अन्दर नीचे दी गई जानकारी निकाली। शिक्षक के लिए अच्छा होगा कि वह कोई नया टॉपिक शुरू करने से पहले इस तरह की चार, पाँच कहानियाँ इकट्ठी कर ले, ताकि वह उनके द्वारा बच्चों के भीतर सोए वैज्ञानिक को जगा सके।

क्या पौधों की ऊर्जा का स्रोत पानी होता है?

प्रयोग 1

यान बापटिस्टा वान हेलमोन्ट, फ्लैमिश चिकित्सक, रसायनशास्त्री, भौतिकशास्त्री ने सन 1600 में एक बड़े गमले में पाँच वर्ष तक एक विलो का पेड़ उगाकर एक प्रयोग किया। इस अवधि में समय में पेड़ की मात्रा में 74 किग्रा की वृद्धि हो चुकी थी, परन्तु मिट्टी की मात्रा में कोई खास परिवर्तन नहीं हुआ था। वान हेलमोन्ट का विश्वास था कि पानी ही पौधे की जीवनशक्ति का और उसकी बढ़ी हुई मात्रा का स्रोत था। इसकी अन्य सम्भावनाएँ क्या हो सकती थीं? आप उन सम्भावनाओं में से हरेक का परीक्षण कैसे करेंगे?

(ऐतिहासिक दृष्टि से जो प्रयोग हुए उनकी क्रमिक शृंखला नीचे दी जा रही है।)

प्रयोग 2

कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय के एक प्राध्यापक और चिकित्सक जॉन वुडवर्ड ने 1600 के अन्तिम वर्षों में एक प्रयोग रचने की कोशिश की। वह वान हेलमोन्ट की इस परिकल्पना की जाँच करना चाहता कि पेड़ की बढ़ी हुई मात्रा का स्रोत पानी था। प्रयोगों की 77 दिन तक चली शृंखला के दौरान वुडवर्ड ने पौधों के द्वारा ग्रहण किए गए पानी को मापा। उदाहरण के लिए, एक पौधे की मात्रा लगभग 1 ग्राम बढ़ी, जबकि वुडवर्ड ने कुल मिलाकर लगभग 76000 ग्राम पानी सात दिनों में पौधे के विकास के लिए दिया था – और यह आम परिणाम था। वुडवर्ड ने सुझाया, और सही सुझाया, कि अधिकांश पानी, ''पौधों द्वारा खींचा जाकर पत्तियों के छिद्रों से वातावरण में वापस छोड़ दिया गया।'' इसलिए यह धारणा कि पौधों द्वारा उपयोग किया गया पोषक तत्व पानी था, खारिज कर दी गई। (शिक्षक इस प्रयोग का वर्णन करके विद्यार्थियों से निष्कर्ष निकालने को कह सकते हैं।)

पौधों की हवा से पारस्परिक क्रिया

अगस्त 1771 में एक अंग्रेज़ रासायनशास्त्री जोसेफ प्रीस्टले ने एक पारदर्शी आवरण से घिरी खाली जगह में पुदीने की टहनी के साथ जलती हुई मोमबत्ती रखी। मोमबत्ती ने हवा (तब तक ऑक्सीजन की खोज नहीं हुई थी) को या हवा के एक खास हिस्से को जलाकर खत्म कर दिया, और फिर खुद भी बुझ गई। इसके 27 दिन बाद उसने बुझी हुई मोमबत्ती को फिर से जलाया और वह उसी हवा में खूब अच्छे से जलती रही, जो हवा पहले जलने में मदद नहीं कर पाई थी। पर घिरी हुई बन्द जगह के अन्दर रखी मोमबत्ती को प्रीस्टले कैसे जला पाया? उसने एक दर्पण से सूर्य की किरणों को उस मोमबत्ती के धागे पर

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