मिडिल स्कूल रसायन

शिक्षकों के लिए एक संसाधन

संकलन व सम्पादन
सुशील जोशी

एकलव्य का प्रकाशन

मिडिल स्कूल रसायन

MIDDLE SCHOOL RASAYAN

शिक्षकों के लिए एक संसाधन

संकलन व सम्पादनः सुशील जोशी

आवरणः राकेश खत्री

चित्रः बा.वै. कक्षा-6: रंजित बालुमुचु

बा.वै. कक्षा-7: शंशाक आचार्य, पुष्पेन्द्र सागर और आशीष नगरकर

बा.वै. कक्षा-8: कैरन हेडॉक

पेज 3: बोस्की जैन

पेज 86, 93-4, 97, 112, 120-1: भारत जमरा

© सुशील जोशी व एकलव्य

इस किताब के किसी भी भाग का गैर-व्यावसायिक शैक्षणिक उद्देश्य से इसी प्रकार के कॉपीलेफ्ट चिह्न के साथ उपयोग किया जा सकता है। स्रोत के रूप में किताब का उल्लेख अवश्य करें तथा एकलव्य तथा लेखक को सूचित करें। किसी भी अन्य प्रकार की अनुमति के लिए एकलव्य तथा लेखक से सम्पर्क करें।

मार्च 2013 / 2000 प्रतियाँ

कागज़: 100 gsm मेपलिथो व 300 gsm एफ.बी. बोर्ड (कवर)

पराग इनिशिएटिव, सर रतन टाटा ट्रस्ट व नवजबाई रतन टाटा ट्रस्ट के वित्तीय सहयोग से विकसित

ISBN: 978-93-81300-63-3

मूल्यः ₹ 120.00

प्रकाशकः **एकलव्य**

ई-10, शंकर नगर बी.डी.ए. कॉलोनी,
शिवाजी नगर, भोपाल - 462 016 (मध्य प्रदेश)
फोनः 0755 - 255 0976, 267 1017
www.eklavya.in / books@eklavya.in

मुद्रकः आदर्श प्राइवेट लिमिटेड, भोपाल, फोनः 0755 - 255 0291

प्रो. मनमोहन कपूर उर्फ मन्नू
(1937 - 2011)

मन्नू के लिए...

मिडिल स्कूल रसायन मूलतः *बाल वैज्ञानिक* के रसायन सम्बन्धी अध्यायों का संकलन है। होशंगाबाद विज्ञान के अन्तर्गत विकसित *बाल वैज्ञानिक* पुस्तक श्रृंखला का प्रथम संस्करण 1970 के दशक में तैयार हुआ था। दिल्ली विश्वविद्यालय के प्रो. मनमोहन कपूर यानी हमारे मन्नू की भागीदारी के बगैर यह काम शायद ही सम्भव हो पाता। इसके बाद *बाल वैज्ञानिक* के तीन संस्करण प्रकाशित हुए और मन्नू ने इन तीनों में खास तौर से रसायन शास्त्र के पाठ्यक्रम के विकास का नेतृत्व किया। विशेषकर तीसरे संस्करण में रसायन शास्त्र के अंश में कई महत्वपूर्ण बदलाव उन्हीं के मार्गदर्शन में हुए।

मन्नू दिल्ली विश्वविद्यालय में रसायन शास्त्र पढ़ाते थे। बताते हैं कि कई वर्षों के अनुभव के बाद भी वे हरेक कक्षा की तैयारी उतनी ही संजीदगी से करते थे। यही जज़्बा उन्होंने होशंगाबाद विज्ञान में भी अपनाया था। शिक्षक प्रशिक्षणों में जब भी कोई अध्याय करवाना हो, वे पूरी मुस्तैदी से उसकी पूर्व तैयारी करते और करवाते थे, यहाँ तक कि शक्कर और नमक घोलने जैसे प्रयोग भी। उनकी यह ज़िद कभी चिढ़ पैदा करती थी मगर हम सब जानते हैं कि इसने हमें कई कक्षाई त्रासदियों से बचाया भी है। रसायन शास्त्र के साथ-साथ विज्ञान के इतिहास और दर्शन पर उनकी पकड़ इन तैयारियों में जान डाल देती थी। और बात यहीं नहीं रुकती थी। शेरो-शायरी, चुटकुले, किस्से-कहानियाँ वगैरह भी उनकी संगत को रंगत प्रदान करते थे।

विज्ञान शिक्षण के साथ-साथ सामाजिक सरोकार के धनी मन्नू जीना जानते थे और खूब खुलकर जीते थे। यह मिलनसार इन्सान दिसम्बर 2011 में हमें छोड़ गया।

यह संकलन उन्हीं को समर्पित है।

विषय क्रम

माध्यमिक शाला के लिए रसायन शास्त्र का पाठ्यक्रम	5
बाल वैज्ञानिक अध्यायों की संरचना	8
किट सूची	11
अम्ल और क्षार की पहचान, अम्ल और क्षार का परस्पर सम्बन्ध	12
अम्ल और क्षार की पहचान	17
अम्ल और क्षार का परस्पर सम्बन्ध के लिए घोल बनाने की विधियाँ	22
अम्ल-क्षार का आपसी सम्बन्ध	23
रंगरेज़ों से जुड़ा है लिटमस का इतिहास	29
क्या बताते हैं सूचक रंग बदलकर?	31
दो तरह की अम्लीयता, क्षारीयता	35
चीज़ों को अलग-अलग करना	38
चीज़ों को अलग-अलग करना (पृथक्करण)	41
घुलनशीलता	51
रवे बनाओ	55
क्रोमेटोग्राफी यानी मिश्रण से अलग होते पदार्थ	58
ऊर्ध्वपातन पदार्थों का एक मज़ेदार गुण	61
पानी — मृदु और कठोर (रासायनिक गुणधर्मों को पहचानने का एक आसान तरीका)	64
पानी — मृदु और कठोर	66
पानी की कठोरता — सिर्फ झाग की समस्या नहीं	73
हवा के खेल, गैसें, श्वसन	77
हवा के खेल	79
गैसें - 1	85
गैसें - 2	93
श्वसन	98
हमारा भोजन और पौधों में पोषण	104
हमारा भोजन	106
पौधों में पोषण	112
रासायनिक क्रियाएँ (क्रियाओं की गति और विद्युत के रासायनिक प्रभाव)	123
रासायनिक क्रियाएँ	125
रासायनिक क्रियाओं की गति	130
बिजली के प्रभाव तरह-तरह के	136
आगे बढ़ने के लिए	138

माध्यमिक शाला के लिए रसायन शास्त्र का पाठ्यक्रम

होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम के लिए बनी *बाल वैज्ञानिक* पाठ्यपुस्तकें 'करके सीखो' के सिद्धान्त पर आधारित, पर्यावरण से जुड़ी पाठ्यपुस्तकें हैं। इनका उपयोग करते हुए शिक्षक को बहुतेरे अवसर मिलते हैं कि वह बच्चों को विज्ञान की खोज प्रक्रिया में शामिल कर सके। इस दृष्टि से देखें तो *बाल वैज्ञानिक* वास्तव में अपने आप में सम्पूर्ण नहीं है क्योंकि इसमें मूलतः एक प्रक्रिया को परिभाषित करके उसका खाका प्रस्तुत हुआ है और उसमें गतिविधियों को जोड़कर खोजबीन करने का एक रास्ता सुझाया गया है। बच्चों को यह खोजबीन शिक्षक के मार्गदर्शन व मदद से करनी है और *बाल वैज्ञानिक* की विषयवस्तु को सम्पूर्णता देना है। यदि यह प्रक्रिया न हो तो किताब अधूरी-सी ही रहती है।

बाल वैज्ञानिक अध्यापन में एक दिक्कत यह रही है कि बड़ी संख्या में शिक्षक इसका उपयोग उपरोक्त ढंग से नहीं कर पाए थे। ज्ञान से परिपूर्ण, सारे जवाबों का खज़ाना, अपने आप में पूर्ण 'पाठ्यपुस्तक' की छवि हमारे ज़ेहन पर इतनी हावी है कि *बाल वैज्ञानिक* से भी वही अपेक्षा होना स्वाभाविक था। जब *बाल वैज्ञानिक* को इस नज़र से देखा जाए तो उसकी विषयवस्तु काफी कम और पाठ्यक्रम काफी सतही व मामूली-सा लगता है। उम्मीद यह थी कि होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम के अन्तर्गत चलने वाले शिक्षक प्रशिक्षण व उन्मुखीकरण के प्रयासों से शिक्षक *बाल वैज्ञानिक* की इस अनूठी प्रकृति से परिचित हो जाएँगे और इसका समग्र उपयोग कर पाएँगे। पूरा प्रशिक्षण कार्यक्रम इसी तरह विकसित किया गया था। इसके अलावा *बाल वैज्ञानिक* के लिए शिक्षक निर्देशिकाएँ तैयार करने का भी प्रयास किया गया था मगर यह काम कभी भी व्यवस्थित ढंग से हो नहीं पाया। यह एक बड़ी कमी मानी जाएगी। शिक्षक निर्देशिका के अभाव में *बाल वैज्ञानिक* पाठ्यक्रम की सारी परतें कक्षा में खुल ही नहीं पाती थीं, एकाध स्कूल के अपवाद की बात जाने दें।

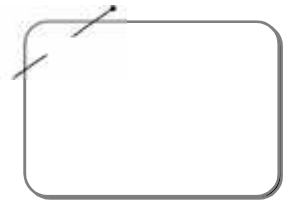
इस परिस्थिति में खास तौर से *बाल वैज्ञानिक* के रसायन के पाठ्यक्रम पर काफी सवाल उठते रहे थे। एक प्रमुख सवाल यह था कि *बाल वैज्ञानिक* में रसायन की मुख्य बात तो शामिल की ही नहीं गई है। वह मुख्य बात थी परमाणु, अणु, संकेत, सूत्र, समीकरण व संयोजकता जैसी अवधारणाओं की। यह बात इस सन्दर्भ में उठाई जाती थी कि कक्षा नौ में ये चीज़ें होती हैं और कक्षा आठ तक होशंगाबाद विज्ञान पढ़कर गए बच्चों को वहाँ बहुत दिक्कत होती है जबकि राज्य सरकार व राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसन्धान एवं प्रशिक्षण परिषद् (एन.सी.ई.आर.टी.) के आम पाठ्यक्रम में ये चीज़ें कक्षा सात में शामिल थीं। इस सन्दर्भ में संवाद बहुत कठिन होता था। यह समझा पाना बहुत मुश्किल होता था कि दुनिया भर में किए गए अध्ययनों से पता चला है कि कक्षा आठ, यानी 13-14 वर्ष के बच्चे ये अवधारणाएँ नहीं समझ पाते हैं। एक ही तर्क होता था कि चूँकि मुख्यधारा के पाठ्यक्रम में ये चीज़ें शामिल हैं इसलिए इन्हें *बाल वैज्ञानिक* में भी होना चाहिए। यह समझाना भी बहुत मुश्किल रहा है कि परमाणु व उससे सम्बन्धित रासायनिक अवधारणाएँ समझने से पहले बच्चे के पास रासायनिक पदार्थों, उनमें होने वाले परिवर्तनों, उनकी आपसी क्रियाओं का अच्छा अनुभव होना चाहिए। तभी वे अवधारणाएँ सार्थक ढंग से सीखी जा सकती हैं। अब एन.सी.ई.आर.टी. द्वारा पाठ्यक्रम व पाठ्यपुस्तकों में किए गए संशोधन की प्रक्रिया (2005-08) के दौरान इस बात को स्वीकार किया गया है और कक्षा आठ तक इन अवधारणाओं को शामिल नहीं किया गया है। यह बहुत खुशी की बात है।

मगर ज़्यादा बुनियादी सवाल यह है कि यदि आप परमाणु व सम्बन्धित अवधारणाएँ नहीं पढ़ाते तो रसायन शास्त्र में क्या पढ़ाएँ। यह एक सामान्य समस्या है। यह समस्या के.जी.-नर्सरी से शुरू हो जाती है। पूरे तंत्र, पूरे समाज को पता नहीं कि तीन-चार साल के बच्चों के साथ क्या करें, तो अल्फाबेट लिखवाना और नाक को नोज़ कहलवाना

शुरू कर देते हैं। यही सवाल स्कूली पाठ्यक्रम में बार-बार हर स्तर पर सिर उठाता है। इसी सवाल का एक संस्करण है कि कक्षा छह-आठ के स्तर पर रसायन शास्त्र में क्या पढ़ाएँ?

इस दृष्टि से *बाल वैज्ञानिक* का रसायन शास्त्र का पाठ्यक्रम गौरतलब है। 1975 में अपने प्रथम संस्करण से शुरू करके 2002 के तृतीय संस्करण तक *बाल वैज्ञानिक* में रसायन शास्त्र के पाठ्यक्रम का लगातार विकास होता रहा। धीरे-धीरे यह एक अत्यन्त समृद्ध सामग्री बनी। इस पाठ्यक्रम का विकास इस नज़रिए से किया गया है कि पदार्थों की रासायनिक प्रकृति को समझने में किस तरह से आगे बढ़ना चाहिए। यह स्वीकार करके कि रासायनिक गुणधर्म और रासायनिक परिवर्तनों को समझने के लिए गतिविधियों और प्रयोगों का ठोस अनुभव अनिवार्य है, पूरा पाठ्यक्रम सार्थक व करने योग्य गतिविधियों पर आधारित है।

इस पुस्तिका में *बाल वैज्ञानिक* के इन अध्यायों को एक साथ प्रस्तुत किया गया है। प्रत्येक अध्याय से पहले कुछ परिचयात्मक टिप्पणियाँ और शिक्षक के लिए कुछ सुझाव/सुराग दिए गए हैं। इसके अलावा अध्याय में भी बीच-बीच में गतिविधियों को और स्पष्ट करने के लिए या गतिविधियों में विस्तार सुझाने के लिए नोट्स हैं। ऐसी चीज़ें अध्याय में पेज के बाजू में बने इस तरह के बॉक्स में छपी हैं।



यह संकलन इस उम्मीद में तैयार किया गया है कि इससे कक्षा छह-आठ के बच्चों को रासायनिक अवधारणाओं व परिघटना से परिचित कराने में मदद मिलेगी। उम्मीद तो यह है कि इससे पाठ्यक्रम पर पुनर्विचार की प्रक्रिया शुरू होगी मगर वह होने तक भी कई शिक्षक इस सामग्री का उपयोग अपनी कक्षाओं में कर सकते हैं। खास तौर से उन हिस्सों का उपयोग तो किया ही जा सकता है जो मौजूदा पाठ्यक्रम से मेल खाते हैं। इसके अलावा शिक्षक स्वयं भी इन गतिविधियों को करके काफी कुछ हासिल कर सकते हैं। इस सामग्री का उपयोग विभिन्न शिक्षक प्रशिक्षणों में भी सम्भव व मददगार होगा।

एक सवाल यह उठता है कि इन सारी गतिविधियों को करने में प्रयोग सामग्री कहाँ से जुटाई जाएगी। अध्यायों को देखकर स्पष्ट हो जाएगा कि इन अध्यायों की गतिविधियाँ करने-करवाने में बहुत ज़्यादा सामग्री की ज़रूरत नहीं पड़ती। गतिविधियों की रचना ही यह मानकर की गई थी कि ये सारे प्रयोग एक आम सरकारी स्कूल में करना सम्भव होना चाहिए। दरअसल होशंगाबाद विज्ञान का एक प्रमुख योगदान इस मिथक को ध्वस्त करना रहा है कि माध्यमिक स्तर पर प्रयोग व गतिविधि आधारित शिक्षण के लिए बहुत महँगी या विशेष सामग्री की ज़रूरत होती है। यहाँ दी गई गतिविधियों के लिए अधिकांश सामग्री आपके आसपास मिल जाएगी। कुछ उपकरण या रसायन शायद ज़िला स्तर पर किसी स्टेशनरी या प्रयोग सामग्री की दुकान पर मिल जाएँगे। वैसे हाई स्कूल की मदद भी ली जा सकती है। शायद ही कोई चीज़ हो जिसे प्राप्त करने में बहुत ज़्यादा दिक्कत हो। आपकी मदद के लिए एक किट सूची शामिल की गई है। इसमें कुछ स्थाई व कुछ खर्च हो जाने वाली सामग्री शामिल है।

यहाँ इन अध्यायों को उसी क्रम में प्रस्तुत नहीं किया जा रहा है जिसमें ये *बाल वैज्ञानिक* में रखे गए थे। कारण यह है कि *बाल वैज्ञानिक* में ये कई अन्य अध्यायों के साथ शामिल थे और कक्षावार एक सन्तुलन के साथ प्रत्येक वर्ष की पुस्तक बनाई जाती थी। यहाँ उस तरह की कोई सीमा नहीं है। अलबत्ता, *बाल वैज्ञानिक* में भी इनका एक अवधारणात्मक क्रम था और यहाँ भी है।

यह संकलन गतिविधियों का एक पुलिन्दा भर नहीं है, यह एक पूरा पाठ्यक्रम है। कोई एक गतिविधि कभी-कभार अध्याय को रोचक बनाने के लिए करवा देना या कक्षा में जान फूँकने के लिए एकाध डिमॉन्स्ट्रेशन कर देना उपयोगी हो सकता है मगर उसे गतिविधि-आधारित शिक्षण मानना भूल होगी। गतिविधि-आधारित शिक्षण का मतलब है कि कक्षा में सीखने-सिखाने की प्रक्रिया गतिविधियों से शुरू हो और गतिविधियों व प्रयोगों के परिणामों के विश्लेषण के आधार पर आगे बढ़े। इसमें ज़रूरी है कि बच्चों के अपने अनुभवों को जोड़ा जाए, उनके सवालों के लिए गुंजाइश हो। आदर्श परिस्थिति तो यह होगी कि किसी भी अवधारणा की शुरुआत बच्चों के सवालों से हो, उनके अवलोकनों से हो। ऐसा कर पाना स्कूली परिस्थिति में सदा सम्भव नहीं होता। इसलिए *बाल वैज्ञानिक* के अध्यायों में कोशिश यह

थी कि बच्चों के अपेक्षित सवालों को शामिल करके ही आगे बढ़ा जाए। मगर इसका मतलब यह नहीं है कि उनके सारे सवालों का अन्देशा करके उन्हें शामिल कर लिया गया है।

एक अन्तिम बात। हालाँकि पाठ्यक्रम की दृष्टि से अवधारणाओं को अलग-अलग किया जाता है मगर वास्तविक अनुभव और रोज़मर्रा के जीवन में ये अवधारणाएँ प्रायः मिले-जुले रूप में सामने आती हैं। इसलिए ज़रूरी है कि बच्चों के सवालों को पर्याप्त स्थान दिया जाए ताकि अवधारणाओं के परस्पर सम्बन्धों से ध्यान न हटे।

प्रक्रिया यह सोची गई है कि शुरू में शिक्षक बच्चों के साथ खुली चर्चा के माध्यम से उनके सवालों और समझ को उभारे। फिर उसे ध्यान में रखते हुए अध्याय की गतिविधियाँ करवाई जाएँ, उनके अवलोकनों व परिणामों को बच्चों के अनुभवों से जोड़ा जाए, गतिविधियों के बाद दिए गए सवालों पर चर्चा हो और निष्कर्ष निकलें, इन निष्कर्षों को अनुभवों व प्रयोगों की कसौटी पर परखा जाए, नई-नई परिस्थितियों में लागू करके देखा जाए। इसका मतलब यह भी है कि कोई भी अध्याय जस-का-तस 'करवा देना' पर्याप्त नहीं होगा क्योंकि हर कक्षा में बच्चों के साथ मिलकर ही पूरी प्रक्रिया की बारीकियों का निर्धारण होगा। अतः इन अध्यायों का उपयोग करते हुए शिक्षक से काफी सृजनशीलता की भी अपेक्षा है।

बाल वैज्ञानिक *(बा.वै.) कक्षा 6, 2000, पृ 52*

बाल वैज्ञानिक अध्यायों की संरचना

एक मायने में *बाल वैज्ञानिक* एक अधूरी किताब है। इसमें सिर्फ प्रयोग करने की विधि और सवाल हैं। इन सवालों के जवाबों के साथ ही यह पूरी होती है। मगर बात सिर्फ सवाल और जवाब की नहीं है। सवालों और जवाबों के बीच एक पूरी प्रक्रिया है जिससे होकर ये जवाब मिलते हैं। वह प्रक्रिया है प्रयोगों की, अवलोकनों की, चर्चा की, आँकड़ों के प्रस्तुतीकरण की, विश्लेषण की, सिद्धान्त व नियम विकसित करने की।

बाल वैज्ञानिक के प्रत्येक अध्याय में पाठ्यक्रम के लगभग सारे अंगों का समावेश है। इसलिए यह शिक्षक की अभिरुचि, हुनर, आत्मविश्वास, सम्बन्धित विषय की जानकारी व समझ और बच्चों की तैयारी व कक्षा के माहौल पर निर्भर है कि पाठ्यक्रम के तत्व किन अध्यायों में सर्वोत्तम ढंग से प्रकट होंगे। इस दृष्टि से देखें तो *बाल वैज्ञानिक* के हरेक अध्याय के दो पक्ष हैं और दोनों बराबर महत्व के हैं। पहला पक्ष है विषयवस्तु का। अध्याय पानी की कठोरता से सम्बन्धित हो सकता है या भोजन व पाचन क्रिया से। मगर दूसरा पक्ष सभी अध्यायों में लगभग एक-सा है; वह है विज्ञान की पद्धति का। यानी प्रयोग करना, अवलोकन करना, अवलोकनों को रिकॉर्ड करना, उन्हें व्यवस्थित रूप देना, पैटर्न पहचानना, तार्किक विश्लेषण करना, निष्कर्ष निकालना, उस निष्कर्ष को तर्क व अनुभव की कसौटी पर कसना, तर्क करना, और इस सबको अपने शब्दों में व्यक्त करना।

टोलियाँ

बाल वैज्ञानिक में छात्रों की टोलियाँ सीखने की इकाई है। शिक्षक से उम्मीद है कि वे अपनी कक्षा में चार-चार बच्चों की टोलियाँ बनवा दें। टोलियों में काम करने के कई महत्वपूर्ण शैक्षिक परिणाम भी होते हैं। इसका एक असर यह होता है कि कक्षा की बनावट और वहाँ होने वाले कामकाज का स्वरूप ही बदल जाता है। जहाँ एक आम कक्षा में सारे छात्र कतारों में शिक्षक की ओर मुँह करके बैठते हैं, वहीं *बाल वैज्ञानिक* की कक्षा में चार-चार विद्यार्थी घेरे बनाकर बैठे होते हैं। हरेक टोली के बीच में किट सामग्री या अन्य अध्ययन सामग्री रखी होती है और वे अपने काम में, आपसी बातचीत में मशगूल होते हैं। टोलियाँ प्रयोग करते हुए काफी शोरगुल भी करती हैं और सामग्री लाने या अन्य टोलियों के प्रयोग देखने के लिए भागदौड़ भी चलती रहती है।

एक तरह से देखा जाए तो टोलियों में काम करने की वजह से बच्चे काफी स्वायत्त हो जाते हैं और कक्षा के 'गुप्त सत्ता समीकरण' में नया सन्तुलन स्थापित होता है। यह परिवर्तन आंशिक ही सही मगर मामूली नहीं है।

टोली में काम करना सीखने में सामूहिकता का एक घटक है। कुल मिलाकर *बाल वैज्ञानिक* ज्ञानार्जन को एक निजी, तनहा प्रयास की बजाय पूरी कक्षा के साझा उद्यम में बदलने की कोशिश करती है। टोली में और पूरी कक्षा में लगातार एक सहयोगी माहौल बनाने का यह प्रयास आम शिक्षा में व्याप्त व्यक्तिगत प्रतिस्पर्धा के माहौल को थोड़ा शिथिल करने का जतन है। अनुभव से यह भी पता चलता है कि इस तरह से बच्चे एक-दूसरे से काफी कुछ सीखते हैं।

प्रयोग व गतिविधियाँ

बाल वैज्ञानिक के प्रत्येक अध्याय में बच्चों को कुछ प्रयोग या गतिविधि करने के निर्देश दिए गए हैं। हरेक प्रयोग करने के बाद कुछ सवाल पूछे गए हैं जो बच्चों को अपने अवलोकन रिकॉर्ड करने, उन अवलोकनों का विश्लेषण करने तथा उनसे निष्कर्ष निकालने में मदद करते हैं। प्रयोग और गतिविधियों के निर्देश काफी विस्तार में दिए गए हैं। ये निर्देश लिखित रूप में भी हैं और चित्रों के माध्यम से समझाए भी गए हैं। प्रयोग के निर्देशों को अपने आप में पूर्ण बनाने का प्रयास किया गया है ताकि बच्चे इन्हें पढ़कर खुद वह प्रयोग कर सकें।

आम पाठ्यपुस्तकों के विपरीत *बाल वैज्ञानिक* में लगभग कहीं भी प्रयोग के निर्देश देने के बाद उसके अवलोकन या निष्कर्ष नहीं दिए गए हैं। बल्कि यह कहना ज़्यादा सही होगा कि *बाल वैज्ञानिक* में भरसक कोशिश की गई है कि बच्चों को तनिक भी आभास न मिले कि किस तरह के अवलोकन की उम्मीद करें। प्रयोग करने में बच्चों की रुचि जगाने के लिए ज़रूरी है कि अवलोकन व निष्कर्ष पहले से मालूम न हों, और न ही कहीं से पके-पकाए मिल जाएँ। प्रयोग करना ही नहीं बल्कि इन प्रयोगों के अवलोकन की व्याख्या के लिए जूझना भी सीखने का एक प्रमुख अंग है।

यहाँ यह सवाल उठना स्वाभाविक है कि यदि कक्षा में प्रयोग ठीक से न हुए, अवलोकन 'गलत-सलत' आ गए तो आगे की पूरी प्रक्रिया का क्या होगा? यह सवाल एकदम वाजिब है मगर इसे एक समस्या के रूप में नहीं बल्कि एक चुनौती के रूप में देखा जाना चाहिए। वैसे तो प्रयोग इतने सरल व सहज हैं कि गलत होने की गुंजाइश बहुत कम है। और यदि अवलोकन ठीक न आ रहे हों तो इसे भी एक शैक्षणिक अवसर के रूप में लें। उम्मीद यह की जाती है कि शिक्षक सारे बच्चों के अवलोकनों को देखकर यह सुनिश्चित कर लेंगे कि सबके 'सही' अवलोकन आ गए हैं। यदि ऐसा नहीं है तो चर्चा के माध्यम से यह समझने की कोशिश होगी कि प्रयोग करने में कोई खामी तो नहीं रह गई। बच्चों द्वारा खुद प्रयोग करने में इसकी सम्भावना रहती है मगर जब कक्षा में 10 टोलियाँ प्रयोग कर रही हैं तो इस बात की प्रबल सम्भावना है कि कुछ टोलियों के प्रयोग 'सही' होंगे और विविधता के आधार पर आपको यह मौका मिल जाएगा कि विश्लेषण करके प्रयोग दोहराने की बात कर पाएँ। आदर्श रूप में यही अपेक्षा की जाती है।

बाल वैज्ञानिक में दिए गए प्रयोगों के बारे में दूसरी महत्वपूर्ण बात यह है कि ये 'सत्यापन प्रयोग' नहीं हैं। यानी इन प्रयोगों का मकसद यह नहीं है कि पहले से ज्ञात किसी नियम या सिद्धान्त की पुष्टि करना है। आम तौर पर हाई स्कूल व कॉलेज के स्तर पर विज्ञान में प्रयोगों का प्रावधान होता है मगर वहाँ प्रयोग सत्यापन के लिए होते हैं। शिक्षण में उस तरह के प्रयोगों की भूमिका के विश्लेषण में न जाते हुए भी यह बताना ज़रूरी है कि *बाल वैज्ञानिक* में प्रयोगों के आधार पर नियम व सिद्धान्त आदि विकसित करना सीखने का प्रमुख आधार है।

तीसरी बात यह है कि, चन्द अपवादों को छोड़कर, सारे प्रयोग बच्चों द्वारा खुद करने के लिए हैं, शिक्षक द्वारा प्रदर्शन के लिए नहीं।

प्रयोग में तुलना का प्रावधान

ऐसे कई अवलोकन होते हैं जिनसे बहुत 'आसानी' से निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं। मगर यह 'आसानी' एक छलावा होती है। जैसे, '*साँप बीन की धुन पर नाचता है,*' इस कथन की सत्यता पर सन्देह का कोई कारण नहीं है क्योंकि हर साल नागपंचमी के दिन सँपेरे साँप लेकर आते हैं, बीन बजाते हैं, और साँप नाचता है। चाहे मानव जीवन पर ग्रहों का असर हो, दवाइयों का असर हो, झाड़-फूँक का असर हो, हर मामले में दिखता तो यही है कि अमुक क्रिया करने पर फलाँ असर हुआ। मगर इसके आधार पर निष्कर्ष यह निकाला जाता है कि अमुक क्रिया करने के कारण फलाँ असर हुआ। वास्तव में इस तरह के मामलों में कई सम्भावनाएँ होती हैं। जैसे हो सकता है कि ये दोनों बातें हमेशा एक साथ होती तो हों मगर एक-दूसरे के कारण नहीं। इन दोनों का कोई साझा कारण हो सकता है जिसकी वजह से ये हमेशा साथ-साथ होती हैं। या यह भी हो सकता है कि संयोगवश ये साथ-साथ हुई हों। और यह भी हो सकता है कि इनके बीच कार्य-कारण सम्बन्ध हों।

आधुनिक विज्ञान में प्रयोग करना जानकारी प्राप्त करने, कार्य-कारण सम्बन्ध स्थापित करने और प्रमाण जुटाने का एक महत्वपूर्ण अंग है। प्रमाण और कार्य-कारण सम्बन्ध स्थापित करने के लिए प्रयोग का उपयोग करते हुए कई बातों का ध्यान रखना होता है। कई मर्तबा ऐसा होता है कि एक ही प्रयोग में एक से अधिक कारक काम करते हैं और निष्कर्ष निकालने में दिक्कत होती है। इस तरह के भ्रम से बचने के लिए विज्ञान के प्रयोगों में कंट्रोल की अवधारणा विकसित हुई है।

कंट्रोलशुदा प्रयोग का मतलब यह होता है कि आप एक ही प्रयोग की उन सारी बातों को पहचानें जिन्हें बदलने पर कोई प्रभाव नज़र आता है और फिर इन्हें एक-एक करके बदलकर देखें। यानी एक कारक को बदलते हुए शेष सारे कारक नहीं बदलना चाहिए। मगर ऐसा करना हमेशा सम्भव नहीं होता। इसलिए तरीका यह अपनाया जाता है कि एक ही प्रयोग को एक साथ दो ढंग से किया जाए। दोनों में शेष समस्त बातें एक-सी हों, सिर्फ कोई एक चीज़ असमान हो। इन्हें हम तुलना के प्रावधान युक्त प्रयोग या

कंट्रोलशुदा प्रयोग कहते हैं।

बाल वैज्ञानिक में ऐसे प्रयोगों को खास महत्व दिया गया है। भोजन और पाचन क्रिया में मण्ड पर लार का प्रभाव, पौधों में पानी के साथ खनिज पदार्थों का ऊपर चढ़ना, 'जल — मृदु और कठोर' अध्याय में विभिन्न लवणों का कठोरता पर प्रभाव, पौधों के पोषण में मण्ड के निर्माण में प्रकाश की भूमिका, श्वसन में साँस की हवा के गुणधर्म वगैरह इसके उदाहरण हैं।

वैसे अन्य कई जगह पर बच्चों का ध्यान इस बात पर दिलाया गया है कि एक ही प्रयोग में एक से अधिक बातों का प्रभाव होता है और निष्कर्ष निकालते समय इस चीज़ पर ध्यान देना ज़रूरी है।

सवाल-दर-सवाल

हर प्रयोग के बाद प्रश्न दिए गए हैं। ये प्रश्न मूलतः दो प्रकार के हैं। एक वे प्रश्न हैं जो बच्चों का ध्यान अवलोकन पर केन्द्रित करवाने के लिए हैं। इनमें अपेक्षा यह है कि वे अपने अवलोकनों को व्यवस्थित ढंग से लिखेंगे। कहीं-कहीं अवलोकन रिकॉर्ड करवाने के लिए तालिकाओं का उपयोग भी किया गया है।

अवलोकन रिकॉर्ड हो जाने के बाद दूसरे प्रकार के प्रश्नों का सेट आता है जिनमें अवलोकनों का विश्लेषण किया जाता है। यहाँ अपेक्षा यह है कि बच्चे टोलियों में और सामूहिक रूप से अवलोकनों की व्याख्या करेंगे। इसके लिए वे अपने पूर्व अनुभवों का उपयोग भी करेंगे और प्रयोग के अवलोकनों का भी। आदर्श रूप में तो प्रत्येक बच्चे को मौका मिलेगा कि वह अपनी परिकल्पना या व्याख्या प्रस्तुत करे, अन्य बच्चों द्वारा प्रस्तुत व्याख्याओं पर सवाल खड़े करे, उन्हें समझने की कोशिश करे। इस पूरी चर्चा व बहस में शिक्षक की भूमिका बहुत सक्रिय व महत्वपूर्ण होती है। शिक्षक से यह उम्मीद नहीं है कि 'सही व्याख्या' बता दे। उम्मीद यह है कि वह बच्चों द्वारा प्रस्तुत व्याख्याओं पर आपसी चर्चा में मदद करे, सवाल पूछकर उन्हें अपनी बात स्पष्ट करने में मदद करे, अन्य अनुभवों की कसौटी पर उनकी व्याख्याओं को परखे, और ज़रूरी हो तो विभिन्न व्याख्याओं को परखने के लिए पूरक प्रयोग करवाए। यह प्रक्रिया उतनी ही महत्वपूर्ण है जितना सही व्याख्या तक पहुँचना।

इस तरह से सीखने की प्रक्रिया में बच्चे सक्रिय रूप से शरीक होते हैं, तो ज़ाहिर है 'व्याख्यान पद्धति' की अपेक्षा समय ज़्यादा लगता है। अलबत्ता सीखने की प्रक्रिया बेहतर होती है।

एक दिक्कत यह है कि प्रत्येक प्रयोग से सम्बन्धित प्रश्न प्रयोग के बाद आते हैं। यानी प्रयोग करते समय बच्चों को यह पता नहीं होता कि उसमें किस चीज़ का अवलोकन करना है। ज़ाहिर है हरेक प्रयोग में कई बातें होती हैं। बच्चों को यह बिलकुल अन्दाज़ा नहीं होता कि वे यह प्रयोग कर क्यों रहे हैं। इसलिए प्रयोग करने से पहले बच्चे की कोई अपेक्षा नहीं होती, किस खास चीज़ पर ध्यान देना है यह साफ नहीं होता। शिक्षक से यह अपेक्षा है कि वह कक्षा में वार्तालाप के ज़रिए प्रत्येक प्रयोग से पहले यह भूमिका बनाने का काम करेगा/करेगी। करना यह होगा कि पहले बच्चों से कहा जाए कि वे प्रयोग तथा उससे सम्बन्धित सवाल पढ़ लें, शिक्षक उनको लेकर चर्चा करवाए, मुख्य सवालों पर ध्यान केन्द्रित करवाए और फिर प्रयोग शुरू हो। इससे बच्चों को प्रयोग करने का मकसद शुरू से ही स्पष्ट होगा और वे ज़्यादा सार्थक ढंग से खोजबीन की प्रक्रिया में जुड़ेंगे। शिक्षक से यह भी अपेक्षा है कि वे पिछले प्रयोग और आने वाले प्रयोग की कड़ी जोड़ेंगे।

प्रश्नों को नम्बर इस उद्देश्य से दिए गए हैं कि बाद में किसी समय उन्हें सही सन्दर्भ में देखा जा सके।

❖ ❖

किट सूची

स्थाई उपकरण

परखनली/इंजेक्शन की शीशियाँ
उफननली
कॉर्क एक व दो छेद वाले[1]
परखनली स्टैंड
परखनली पकड़
तश्तरी
बीकर
काँच की छड़
काँच की नली
ड्रॉपर
कीप
काँच की स्लाइड्स
चम्मच (प्लास्टिक)
सिरिंज
प्लास्टिक की बड़ी बोतलें[2]
कोनिकल फ्लास्क (सम्भव हो तो)
लेंस
एल्युमिनियम का गुटका

खर्च होने वाली सामग्री (रसायन)

नमक का अम्ल (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल)
गन्धक का अम्ल (सल्फ्यूरिक अम्ल)
नमक (सोडियम क्लोराइड)[3]
कैल्शियम बाईकार्बोनेट
कॉस्टिक सोडा (सोडियम हाइड्रॉक्साइड)
खाने का सोडा (सोडियम बाईकार्बोनेट)[4]
टार्टरिक अम्ल
नेफ्थलीन (कपड़ों में रखने वाली गोलियाँ)
चूना (खाने वाला)[5]
लिटमस कागज़ (लाल व नीले)
फिनॉफ्थलीन
कैल्शियम क्लोराइड
कैल्शियम कार्बोनेट
मैग्नीशियम सल्फेट
नौसादर (अमोनियम क्लोराइड)
पोटैशियम परमेग्नेट
संगमरमर के टुकड़े
जस्ते के टुकड़े
एल्युमिनियम के टुकड़े[6]
नीला थोथा (कॉपर सल्फेट)
टिंक्चर आयोडीन[7]
पोटैशियम आयोडाइड
बैंज़ोइक अम्ल
ऑक्सेलिक अम्ल
यूरिया

खर्च होने वाली सामग्री (अन्य)

छन्ना कागज़
मोमबत्ती (सम्भव हो तो स्पिरिट लैंप)
रूई
सफेद चॉक
छन्ना कागज़ की पट्टियाँ
आसुत पानी[8]
साबुन
डिटर्जेंट
फुग्गे
अगरबत्ती
वॉल्व ट्यूब
विभिन्न रंगों की स्याहियाँ
लोहे का जूना (बरतन माँजने वाला)
सेल

इन चीज़ों के अलावा कई बार बच्चों को अपने घर से या आसपास से चीज़ें बटोरनी होंगी, जो वे आसानी से कर सकते हैं।

---

1. कॉर्क उफननली में फिट होना चाहिए।
2. आजकल पानी की जो बोतलें मिलती हैं, वे ठीक रहेंगी।
3. साधारण नमक का उपयोग किया जा सकता है, मगर अध्याय में दी गई सावधानी देखें।
4. किराने की दुकान से ले सकते हैं।
5. पान की दुकान पर मिलता है।
6. इंजेक्शन की शीशियों के ढक्कन के ऊपर लगी धातु एल्युमिनियम होती है।
7. आजकल घावों पर लगाने के लिए टिंक्चर बेंज़ोइन का उपयोग भी होता है। इसलिए ध्यान से टिंक्चर आयोडीन लाएँ।
8. बारिश का पानी सर्वोत्तम आसुत पानी होता है। थोड़ी बारिश होने के बाद इकट्ठा कर लें।

अम्ल और क्षार की पहचान, अम्ल और क्षार का परस्पर सम्बन्ध

बाल वैज्ञानिक के प्रथम संस्करण में यह एक लम्बा अध्याय था जिसका नाम था 'अम्ल, क्षार और लवण' और यह कक्षा आठ में था। आगे चलकर कक्षा छह से आठ तक में सामग्री के सन्तुलित वितरण की दृष्टि से इसे दो भागों में बाँटा गया था — 'अम्ल और क्षार की पहचान' तथा 'अम्ल और क्षार का परस्पर सम्बन्ध'। इनमें से पहला अध्याय कक्षा छह में और दूसरा कक्षा आठ में शामिल किया गया। कारण यह था कि दूसरे वाले हिस्से में थोड़ी गणना वगैरह करनी होती है जिसमें कक्षा छह के बच्चों को थोड़ी कठिनाई होती थी। पहला भाग तो मूलतः गुणात्मक है जिसमें सूचक के रंगों के आधार पर पदार्थों का वर्गीकरण करना होता है।

अम्ल और क्षार की पहचान हम कुछ पदार्थों की मदद से करते हैं। इन्हें सूचक कहते हैं। सूचकों पर अम्ल व क्षार का अलग-अलग असर होता है। आम तौर पर अम्ल और क्षार की उपस्थिति में सूचक अलग-अलग रंग दर्शाते हैं। ज़ाहिर है कि कुछ पदार्थ ऐसे भी होते हैं जिनका सूचकों पर कोई असर नज़र नहीं आता; इन्हें उदासीन पदार्थ कहते हैं।

यदि बच्चों के लिए रसायन शास्त्र के औपचारिक अध्ययन का यह पहला अनुभव हो तो एक महत्वपूर्ण बात ज़रूर स्पष्ट करना चाहिए। जब भी हम रासायनिक गुण परखना चाहते हैं या पदार्थों की आपसी क्रिया करवाना चाहते हैं तो हम सूखे पदार्थों का नहीं बल्कि उनके घोलों का उपयोग करते हैं। इस अध्याय में बच्चे सारे पदार्थों की जाँच घोल के रूप में ही करेंगे। वे देख पाएँगे कि जब भी किसी ठोस पदार्थ की जाँच करनी होती है तो उसे पहले पानी में घोल लेते हैं। यह ज़रूर है कि कुछ क्रियाएँ ठोस अवस्था में भी होती हैं। पिछले कुछ वर्षों में गैर-जलीय घोलों पर भी काफी अनुसन्धान हुए हैं। गैस अवस्था में भी क्रियाएँ होती हैं। मगर सामान्यतः हम जलीय घोलों की ही बात करते हैं।

आम तौर पर अम्ल और क्षार की पहचान के लिए जिस सूचक का उपयोग किया जाता है वह लिटमस है। दरअसल हम लिटमस का उपयोग लिटमस में भीगे कागज़ यानी लिटमस कागज़ के रूप में करते हैं। लिटमस कागज़ दो रंगों में मिलते हैं — नीले और लाल। लिटमस के बारे में आपके अध्ययन के लिए अध्यायों के बाद और जानकारी दी गई है। ऐसा नहीं है कि लिटमस ही एकमात्र सूचक हो मगर इस स्तर पर एक परिभाषा के रूप में हम कह सकते हैं कि जो पदार्थ नीले लिटमस को लाल कर दें वे अम्लीय हैं और जो पदार्थ लाल लिटमस को नीला कर दें वे क्षारीय हैं। जो पदार्थ नीले या लाल दोनों तरह के लिटमस पर कोई असर न डाले, वह उदासीन है।

इस सन्दर्भ में यह कहना ज़रूरी है कि जैसे-जैसे बच्चे रसायन शास्त्र के अध्ययन में आगे बढ़ेंगे, वैसे-वैसे अम्ल व क्षार की परिभाषाएँ न सिर्फ बदलती जाएँगी बल्कि विस्तृत होती जाएँगी। मगर माध्यमिक स्तर पर 'लिटमस टेस्ट' से काम चल जाएगा। अन्य परिभाषाएँ पदार्थों की संरचना समझने के बाद ही अर्थ पा सकती हैं।

अध्याय में दो बातें स्पष्ट की गई हैं जिनका उल्लेख यहाँ किया जा सकता हैः

1. कई बार ऐसा मान लिया जाता है कि यदि लाल अथवा नीले, किसी भी लिटमस कागज़ पर पदार्थ का असर न हो तो वह पदार्थ उदासीन होगा। यह निष्कर्ष अधूरा है। दोनों तरह के लिटमस कागज़ से परीक्षण

करने के बाद ही हम उदासीनता का फैसला कर सकते हैं। इस बात को अभ्यास के प्रश्न क्रमांक 2 में उभारने की कोशिश की गई है।

2. जो पदार्थ न अम्ल हो न क्षार, उन्हें लवण मानने की प्रवृत्ति होती है। कारण यह लगता है कि आम तौर पर बताया जाता है कि अम्ल और क्षार की क्रिया से लवण बनते हैं जो उदासीन होते हैं। इस वज़ह से कई बार लोग मान लेते हैं कि उदासीन घोल लवण के घोल होते हैं। ज़ाहिर है शक्कर जैसे पदार्थ उदासीन हैं मगर लवण नहीं हैं।

इसकी उलटी बात भी भ्रम का विषय है। आम तौर पर माना जाता है कि सारे लवण उदासीन होते हैं। यह सही नहीं है। कई लवण अम्लीय अथवा क्षारीय होते हैं — जैसे कैल्शियम कार्बोनेट क्षारीय होता है जबकि अमोनियम क्लोराइड अम्लीय होता है। वास्तव में सोडियम कार्बोनेट के घोल का उपयोग तो हम अनुमापन में प्राथमिक मानक के रूप में करते हैं।

यानी यदि कोई घोल या पदार्थ उदासीन है तो यह नहीं कहा जा सकता कि वह अनिवार्य रूप से लवण होगा। न ही यह कहा जा सकता है कि सारे लवणों के घोल उदासीन ही होंगे।

दरअसल यहाँ हम इस बारे में चर्चा कर सकते हैं कि अम्ल और क्षार होते क्या हैं और सूचक हमें क्या बताते हैं।

सबसे पहले यह साफ हो जाए कि मिडिल स्कूल के बच्चों के स्तर पर और आम तौर पर रसायन शास्त्र में व्यवहारिक कार्यों के लिए जब अम्ल और क्षार की बात करते हैं तो यह लिटमस के सापेक्ष ही होती है। यानी यदि लिटमस किसी पदार्थ को अम्लीय बता रहा है तो वह अम्लीय है और यदि लिटमस किसी पदार्थ को क्षारीय बताता है तो वह क्षार ही है। इस स्पष्टीकरण के बाद थोड़ी बात अम्ल व क्षार की रासायनिक प्रकृति की हो जाए।

जब यह कहा गया कि लिटमस ही हमारा मानक सूचक है तो एक बात आपके मन में ज़रूर आई होगी कि क्या अन्य सूचक मानक नहीं हैं। यदि आप जाँच करना चाहें तो करके देख सकते हैं।

अम्ल और क्षार का भेद करने के लिए कई सूचक हैं: फिनॉफ्थलीन, मिथाइल ऑरेंज वगैरह का उपयोग आम तौर पर होता है। यदि आप ये सूचक प्राप्त कर सकें (हायर सेकंडरी स्कूलों की प्रयोगशाला में मिल जाएँगे) तो इनसे अलग-अलग पदार्थों की जाँच करके देखें कि क्या इन सबसे मिलने वाले परिणाम एक-से होते हैं या अलग-अलग।

वैसे अध्याय में आप देखेंगे कि शुरुआत लिटमस से न [illegible] 1 में 'हल्दी कागज़' बनाकर उस पर अलग-अलग पदार्थों की जाँच करके देखा गया है। इसकी एक समस्या यह होती है कि यह हमें एक ही रंग का मिलता है। हल्दी कागज़ पर जब क्षारीय पदार्थ डाला जाता है तो कागज़ लाल हो जाता है। इस लाल कागज़ पर भी परीक्षण किए जा सकते हैं मगर यह व्यावहारिक दृष्टि से थोड़ा कठिन होता है।

हल्दी के बाद फूलों के रंगों के सूचक बनाए गए हैं। इनमें गुड़हल (जासौन, चाइना रोज़), बेशरम, बोगनविला वगैरह फूलों का उपयोग किया जा सकता है। दरअसल यह बच्चों के लिए एक अच्छा प्रोजेक्ट हो सकता है कि वे अपने आसपास पाए जाने वाले विभिन्न फूलों और अन्य रंगीन पदार्थों का परीक्षण करके देखें। जैसे बगैर दूध की चाय, पीला या लाल कागज़ (जिस पर प्रायः पैम्फलेट छपते हैं), चुकन्दर का रस वगैरह।

इतना हो जाने के बाद लिटमस कागज़ से परिचय होता है। चाहें तो शुरुआत लिटमस से करके उसके बाद अन्य सूचकों का परीक्षण कर सकते हैं।

इस स्तर पर अम्ल व क्षार को हम इस आधार पर परिभाषित कर सकते हैं कि पानी में उनके घोल में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता कितनी होती है। शुद्ध पानी में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता 10^{-7} मोल प्रति लीटर होती है। पानी में इतने ही (10^{-7} मोल प्रति लीटर) हाइड्रॉक्साइड आयन भी पाए जाते हैं। इन दोनों का गुणनफल होता है 10^{-14} मोल आयन प्रति लीटर। अम्ल वे पदार्थ होते हैं जो पानी में घुलने पर हाइड्रोजन आयन पैदा करते हैं जबकि क्षार हाइड्रॉक्साइड आयन पैदा करते हैं। मगर पानी में अम्ल या क्षार घोलने पर भी पानी में इन दो आयनों का गुणनफल 10^{-14} मोल आयन प्रति लीटर ही बना रहता है। लिहाज़ा होता यह है कि जब पानी में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता बढ़ती है तो हाइड्रॉक्साइड आयनों की सान्द्रता घट जाती है और गुणनफल वही का वही रहता है। तो जब हाइड्रोजन आयन की

सान्द्रता 10^{-7} मोल आयन प्रति लीटर से अधिक होती है तो वह अम्लीय घोल कहलाता है और जब इनकी मात्रा 10^{-7} मोल आयन प्रति लीटर से कम हो जाती है तो घोल क्षारीय कहलाता है। अम्लीयता और क्षारीयता को और गहराई में समझने में आगे दिए गए दो आलेख — 'क्या बताते हैं सूचक रंग बदलकर?' (पृष्ठ 34) और 'दो तरह की अम्लीयता, क्षारीयता' (पृष्ठ 38) — मददगार होंगे।

इस आधार पर देखें तो 10^{-7} मोल से अधिक हाइड्रोजन आयन प्रति लीटर वाले सारे घोल अम्लीय हैं और 10^{-7} मोल प्रति लीटर से कम हाइड्रोजन आयन वाले सारे घोल क्षारीय हैं। हम जो सूचक इस्तेमाल करते हैं वे हाइड्रोजन आयन की अलग-अलग सान्द्रता पर रंग बदलते हैं। किसी का रंग ठीक 10^{-7} पर बदलता है तो किसी का 10^{-8} पर, तो किसी तीसरे सूचक का 10^{-6} पर। इसलिए किसी घोल को एक सूचक अम्लीय बता सकता है जबकि दूसरा सूचक उसी को क्षारीय या उदासीन भी बता सकता है।

जब अम्ल या क्षार प्रबल हों (यानी उनकी हाइड्रोजन आयन सान्द्रता 10^{-7} ग्राम आयन प्रति लीटर से बहुत ज़्यादा या कम हो), तो ज़ाहिर है इस बात से कोई फर्क नहीं पड़ेगा कि आपने कौन-सा सूचक लिया है। मगर यदि ऐसे अम्ल या क्षार लिए जाएँ जिनके घोल में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता 10^{-7} से थोड़ी ही कम-ज़्यादा होती है, तो सूचक का चुनाव बहुत महत्वपूर्ण हो जाता है। दुर्बल अम्ल व क्षार के रूप में आप टार्टरिक अम्ल, कैल्शियम कार्बोनेट, अमोनियम क्लोराइड वगैरह की जाँच करके देख सकते हैं।

सारे सूचकों और आसपास की चीज़ों से परीक्षण के बाद शायद कुछ पैटर्न देखने का प्रयास हो सकता है। जैसे, क्या जो पदार्थ हल्दी को लाल करते हैं वे सब गुड़हल (जासौन) के फूल का रंग भी एक-जैसा बदलते हैं? कुछ बात पेट में पैदा होने वाली अम्लीयता (एसिडिटी) तथा एंट-एसिडों (अम्लत्वनाशक दवाओं) के बारे में भी कर सकते हैं। भोजन के पाचन के दौरान आमाशय में अम्ल का निर्माण होता है। यह अम्ल आमाशय में एक एंज़ाइम पेप्सिन की क्रिया के लिए ज़रूरी होता है। कभी-कभी अम्ल की मात्रा ज़्यादा हो जाने पर पेट में जलन होती है। ऐसी स्थिति में कुछ क्षारीय पदार्थों का सेवन करने से मदद मिलती है। कई लोग सोडा लेते हैं तो कई लोग दूध पी लेते हैं। इसके लिए अम्लत्वनाशक (एंट-एसिड) गोलियाँ या घोल भी लिया जाता है। वैसे ये सब पेट में अम्लीयता से तात्कालिक राहत देते हैं। यदि अम्लीयता लम्बे समय तक बनी रहे तो डॉक्टर से सलाह लेना ज़रूरी होता है।

इस अध्याय को करते हुए बच्चे कई तरह के अनुभव प्राप्त करेंगे। जैसे सबसे बड़ी बात तो यही होगी कि वे यह देख पाएँगे कि एक-से दिखने वाले घोलों के गुण बहुत अलग-अलग हो सकते हैं। वे प्रयोग करते हुए उपकरणों की साज-सम्हाल तो सीखेंगे ही, साथ ही खास तौर से अम्ल और क्षार की पहचान करते हुए उन्हें उपकरणों (परखनली, ड्रॉपर वगैरह) को साफ रखने का महत्व भी स्पष्ट होगा। वे यह भी देख पाएँगे कि हमारे आसपास काफी सारा ऐसा कुछ है जिसका अध्ययन किया जा सकता है या जो अध्ययन में काम आ सकता है। रासायनिक गुण पहचानने का भी उनका यह पहला अवसर होगा।

यह सवाल स्वाभाविक है कि जब अम्ल और क्षार परस्पर विपरीत गुण दर्शाते हैं तो क्या इन्हें मिलाने पर इनके गुण नष्ट हो जाएँगे। यदि होंगे तो क्षार और अम्ल की कितनी-कितनी मात्राएँ एक-दूसरे के गुण को खत्म करने को पर्याप्त होंगी। यही सवाल इस अध्याय में उठाया गया है। एंट-एसिड के उदाहरण से इस बात को शुरू किया जा सकता है।

इस अध्याय के प्रयोग करने के लिए शिक्षक को घोल बनाने का काम पहले ही कर लेना होता है। घोल बनाने की विधि अध्याय के शुरू में ही दी गई है।

अध्याय में बच्चे कई सारे प्रयोग करेंगे जिनमें वे यह देखेंगे कि उपयुक्त मात्रा में अम्ल और क्षार के घोल मिलाने पर हमें एक उदासीन घोल मिलता है। घोल की प्रकृति में परिवर्तन का संकेत हमें फिनॉफ्थलीन के सूचक घोल से मिलता है। फिनॉफ्थलीन सूचक का उपयोग करने से पहले थोड़ी तैयारी करनी होती है। यह एक पाउडर के रूप में मिलता है जिसे पानी में घोलने पर हल्का पीला-सा घोल बनता है। यह पानी में बहुत अच्छे से नहीं घुलता इसलिए थोड़ा-सा अल्कोहल डालने से मदद मिलती है। मगर पानी में घोलकर भी काम चल जाता है। 200 मि.ली. पानी में करीब 1 ग्राम पाउडर घोल लें। यह घोल रंगहीन-सा ही होगा। इसे रंगहीन फिनॉफ्थलीन सूचक कहते हैं। इसमें से आधा घोल लेकर उसमें दो चुटकी खाने का सोडा डाल दें तो घोल गुलाबी हो जाएगा। इसे गुलाबी फिनॉफ्थलीन

सूचक कहते हैं। वैसे आयुर्वेदिक औषधि विरेचनी भी फिनॉफ्थलीन से बनी होती है। इसकी दो गोलियाँ 1 ग्राम के बराबर होती हैं।

इस अध्याय के प्रयोगों में साफ-सफाई का बहुत ध्यान रखना होगा। यहाँ तक कि घोल को हिलाने का सही तरीका भी सीखना होगा। आम तौर पर प्रवृत्ति होती है कि यदि किसी चीज़ को 'अच्छे' से हिलाकर मिलाना हो तो परखनली के मुँह को अँगूठे से बन्द करके ऊपर-नीचे हिलाया जाए। मगर बच्चों को यह समझना होगा कि ऐसा करने पर वे न सिर्फ अँगूठे को गन्दा कर रहे हैं बल्कि अँगूठे पर चिपकी गन्दगी को घोल में मिला दे रहे हैं। और तो और, परखनली का थोड़ा घोल अँगूठे पर लग जाने का मतलब है कि परखनली में घोल उतना नहीं बचा है जितना हम मानकर चल रहे हैं। इसके अलावा यहाँ एक और बात का ध्यान रखना होगा कि घोल को जिस परखनली में लिया जाए उस पर लेबल भी लगाया जाए। देखिए, बच्चे धीरे-धीरे रासायनिक तहज़ीब से वाकिफ हो रहे हैं।

अम्ल और क्षार की आपसी क्रिया को हम उदासीनीकरण कहते हैं। इस अध्याय में पहले यह देखने का प्रयास है कि किसी अम्लीय घोल की एक निश्चित मात्रा में क्षारीय घोल की कितनी मात्रा मिलाने पर उदासीन घोल मिलेगा। यहाँ एक महत्वपूर्ण सवाल उठाया गया है — जब एक परखनली में अम्ल का घोल लेकर उसमें दो बूँद गुलाबी फिनॉफ्थलीन सूचक डालते हैं तो वह घोल रंगहीन रहता है। अब बूँद-बूँद करके क्षारीय घोल डालते हैं। एक समय ऐसा आता है जब एक बूँद क्षार डालने पर घोल गुलाबी हो जाता है। इसमें फिर से एक बूँद अम्ल डालने पर घोल रंगहीन हो जाता है। सवाल यह है कि उदासीन घोल कब बना माना जाए। वास्तव में इस प्रयोग में उदासीन घोल बनना हम नहीं देख पाते, यह हमारे सूचक की सीमा है। मगर यदि दोनों घोल बहुत तनु हों तो हम एक बूँद अतिरिक्त अम्ल होने पर या एक बूँद अतिरिक्त क्षार होने पर उसे उदासीन मान सकते हैं।

इसी तरह से उदासीनीकरण का अभ्यास करके बच्चे देख पाएँगे कि दिए गए घोलों में क्षारीय गुण और अम्लीय गुण का एक निश्चित मान होता है। इस बात को कई सवालों के माध्यम से उभारा भी गया है कि यदि हम उदासीनीकरण का एक प्रयोग करके कोई अम्ल और क्षार के आयतनों का अनुपात निकालते हैं तो वह उस अम्ल और उस क्षार की किसी भी मात्रा पर लागू होता है। यानी यदि किसी अम्ल के X मि.ली. किसी क्षार के Y मि.ली. को उदासीन करते हैं तो आप X:Y अनुपात में इनकी चाहे जितनी मात्रा लें, वे एक-दूसरे को उदासीन कर देंगे। (ध्यान रखने की बात यह है कि यहाँ हम अम्ल और क्षार के दिए गए घोल की बात कर रहे हैं जिनकी सान्द्रता निश्चित है।)

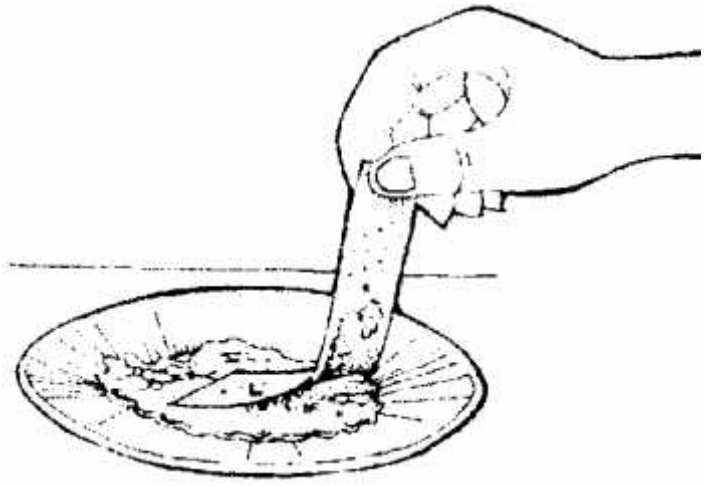
आप देख ही सकते हैं कि इन सारे प्रयोगों में हमने आयतन के हिसाब से मापन किया है। हमें यह पता नहीं था कि अम्ल या क्षार के दिए गए घोलों में वज़न के हिसाब से अम्ल या क्षार की मात्रा कितनी थी। सवाल यह उठता है कि यदि बराबर वज़न में कोई क्षार और कोई अम्ल ले लें तो क्या वे एक-दूसरे को पूरी तरह उदासीन कर देंगे। इस सवाल का सम्बन्ध रासायनिक तुल्यता से है। पदार्थों के बीच रासायनिक तुल्यता क्या उनके वज़न की बराबरी से तय होती है?

इस सवाल के जवाब का एक संकेत देने के लिए एक महत्वपूर्ण प्रयोग अध्याय में है। इस प्रयोग में एक अम्ल (टार्टरिक अम्ल) और एक क्षार (सोडियम हाइड्रॉक्साइड) की बराबर मात्रा ली जाती है और उन्हें बराबर-बराबर पानी में घोल लिया जाता है। अब सवाल है कि क्या क्षार के घोल की 50 बूँदों को उदासीन करने के लिए अम्ल के घोल की 50 बूँदें पर्याप्त होंगी। इस रोचक सवाल का जवाब प्रयोग से मिलना काफी उत्साहवर्धक होता है। यहाँ टार्टरिक अम्ल और सोडियम हाइड्रॉक्साइड इसलिए लिए गए हैं क्योंकि दोनों ठोस पदार्थ हैं। खास तौर से इस प्रयोग के लिए घोल बनाने हेतु आसुत पानी का उपयोग करें। आसुत पानी का सबसे अच्छा स्रोत बरसात का पानी है। सोडियम हाइड्रॉक्साइड नमी सोखता है। लिहाज़ा नम मौसम में इसे तौलने में दिक्कत होती है। बेहतर होगा कि यह प्रयोग सूखे मौसम में किया जाए। इसके अलावा सोडियम हाइड्रॉक्साइड को हाथ से न छुएँ तो बेहतर है। एक चिमटी या कागज़ की मदद से उठाएँ। इसलिए अच्छा होगा कि तराज़ू के एक पलड़े में सोडियम हाइड्रॉक्साइड रख दें और दूसरे पलड़े में टार्टरिक अम्ल की मात्रा घटा-बढ़ाकर इन्हें सन्तुलित करें। इस प्रयोग को थोड़ा नाटकीय ढंग से किया जाए तो प्रभाव भी अच्छा पड़ता है और इससे उभरती अवधारणा भी ज़्यादा स्पष्ट होती है।

जब हम कोई अध्याय करवाते हैं तो उसके उद्देश्यों की एक सूची मन में रहती है। आम स्कूली कक्षाओं में अध्याय का प्रमुख और कभी-कभी तो एकमात्र उद्देश्य अध्याय में दी गई जानकारी का सम्प्रेषण होता है। *बाल वैज्ञानिक* के अध्याय इस सीमित उद्देश्य से आगे जाते हैं। जैसे 'अम्ल और क्षार की पहचान' के निम्नलिखित उद्देश्यों को देखिएः

- पदार्थों की प्रकृति को पहचानना
- पदार्थों को अम्लीय, क्षारीय व उदासीन समूहों में बाँटना
- अपने आसपास के पदार्थों की जाँच करना
- अपने आसपास ऐसे पदार्थों की खोज करना जिनका उपयोग अम्ल-क्षार सूचकों के रूप में हो सकता है
- रासायनिक प्रयोगों में उपकरणों की देखभाल, साफ-सफाई, लेबलिंग करने, प्रयोग करने के हुनर का अभ्यास (संक्षेप में रासायनिक तहज़ीब)
- अवलोकनों को तालिकाबद्ध करना और पैटर्न खोजना
- तार्किक सोच का विकास

सुझाव यह है कि आप इनमें से कोई भी अध्याय करवाते समय इस तरह से मन में एक सूची बना लें।



बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 50

अम्ल और क्षार की पहचान*

रमेश ने कल जब खाना खाया था तो हल्दी का दाग सफेद कमीज़ पर लग गया था। आज उसने सोचा कि चलो साबुन से दाग छुड़ा देते हैं। जैसे ही दाग पर साबुन लगाया, दाग लाल हो गया। रमेश ने अपनी माँ से पूछा कि यह क्या हो गया? माँ ने बताया कि सब्ज़ी में हल्दी थी, जिसका पीला दाग साबुन लगाने से लाल हो गया। वह सोचने लगा कि क्या हल्दी और चीज़ों के साथ भी रंग बदलेगी? उसने जाँच करने की ठानी।

जाँच करने के लिए रमेश ने हल्दी के साथ और कई चीज़ें इकट्ठी कीं। इन चीज़ों के नाम तालिका 1 में लिखे हैं। उसने हल्दी का घोल बनाकर एक कागज़ को उसमें डुबाकर निकाल लिया और धूप में सुखा लिया। इस कागज़ के छोटे-छोटे टुकड़े कर लिए। अब वह एक-एक चीज़ (पदार्थ) लेता और हल्दी कागज़ से उसकी जाँच करता। जाँचने के लिए वह हर पदार्थ की एक बूँद काँच की नली से हल्दी कागज़ पर लगाता था। हर बार घोल लगाने के बाद वह काँच की नली को पानी से साफ कर लेता था।

रसायनों के साथ प्रयोगों में साफ-सफाई बहुत ज़रूरी है। जैसे यहाँ काँच की नली को हर बार साफ करने की बात है।

रंग बदलना हल्दी काः प्रयोग 1

क्या तुम भी रंग बदलने का यह मज़ेदार प्रयोग करना चाहोगे?

इसके लिए तुम्हें हल्दी और तालिका 1 में दी गई चीज़ें घर से लानी पड़ेंगी। और इनमें से कुछ के घोल बनाने होंगे। घोल बनाने के लिए किसी भी पदार्थ की थोड़ी-सी मात्रा लेकर एक परखनली या इंजेक्शन की शीशी में डालो। उसमें थोड़ा-सा पानी डालकर हिलाओ। यह मत करना कि परखनली या इंजेक्शन की शीशी का मुँह अँगूठे से बन्द करके हिलाओ। परखनली या इंजेक्शन की शीशी को धीरे-धीरे झटका देकर पदार्थ को घोलना।

जाँच के लिए हल्दी कागज़ भी तैयार करो।

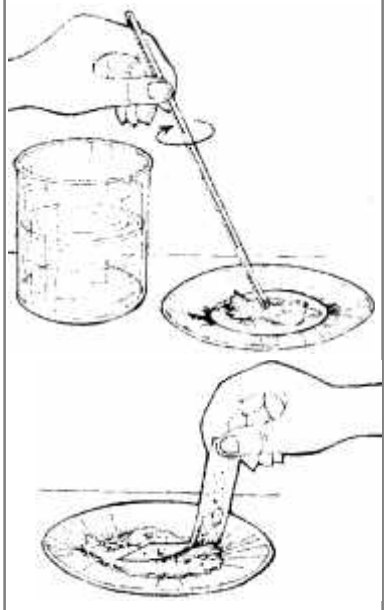
तालिका 1

क्रमांक	पदार्थ	हल्दी का रंग बदला या नहीं
1.	खाने के सोडे का घोल	
2.	नींबू का रस	

**बाल वैज्ञानिक, कक्षा 6, 2000*

हल्दी कागज़ बनाने की विधि

लगभग एक चम्मच पिसी हल्दी में इतना पानी मिलाओ कि उसका गाढ़ा घोल बन जाए। इस घोल में एक छन्ना कागज़ डुबाकर निकाल लो। इस हल्दी लगे छन्ना कागज़ को सुखा लो। अब इसकी 1 से.मी. चौड़ी व 3 से.मी. लम्बी पट्टियाँ काट लो। लो, तुम्हारा हल्दी कागज़ तैयार है।



बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 50

3.	चूना (गीला)
4.	शक्कर का घोल
5.	इमली का रस
6.	नींबू का अचार
7.	कपड़े धोने के सोडे का घोल
8.	नमक का घोल
9.	दूध
10.	.....
11.	.....

सभी पदार्थों से जाँच करके तालिका 1 पूरी करो। (1)

बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 51

चाहो तो कई और चीज़ों की जाँच भी करके देखो कि हल्दी का रंग किस-किस के साथ बदलता है।

अब रमेश के मन में यह प्रश्न उठा कि क्या हल्दी जैसी गिरगिटिया चीज़ें और भी होती हैं?

वास्तव में तुम्हें यह जानकर अचरज होगा कि कई और चीज़ें इसी तरह रंग बदलती हैं। इन ढेर सारी चीज़ों में से हम यहाँ तीन चीज़ों के साथ यही प्रयोग दोहराएँगे।

फूलों का रंग बदलकर देखो: प्रयोग 2

तालिका 1 में लिखी चीज़ें तो तुम घर से लाए ही होगे। अब हम इन चीज़ों से रंगबिरंगे फूल की जाँच करेंगे और देखेंगे कि फूलों का रंग भी बदलता है या नहीं।

रास्ते से या घर से कुछ रंगबिरंगे फूल, जैसे गुड़हल (जासौन), बेशरम, लाल बोगनविला आदि ले आओ।

कागज़ पर फूलों को रगड़ने पर शायद वह रंग न आए जो फूल पर दिखता है। कारण यह है कि कागज़ खुद भी कभी-कभी क्षारीय होता है।

आओ, जाँच शुरू करें। किसी एक फूल की पंखुड़ियाँ तोड़ लो। इन्हें कागज़ की एक पट्टी पर रगड़ो ताकि पंखुड़ियों का रंग कागज़ पर उतर आए। इसके लिए कम से कम दो-चार फूलों की पंखुड़ियों की ज़रूरत पड़ेगी। अब इस रंगीन कागज़ की पट्टी से प्रयोग करेंगे। प्रयोग शुरू करने से पहले यह देख लेना कि फूल रगड़ने के बाद कागज़ पर कैसा रंग आया है।

जैसे हल्दी कागज़ के साथ जाँच की थी ठीक वैसे ही फूलों से बने रंगीन कागज़ पर करो।

अपने अवलोकन तालिका 2 में लिखो। (2)

तालिका 2

क्र.	चीज़ का नाम	गुड़हल कागज़ पर असर	बेशरम कागज़ पर असर
1.	खाने का सोडा (घोल)		
2.	नींबू का रस		
3.	चूना (गीला)		
4.	शक्कर का घोल		
5.	इमली का रस		
6.	नींबू का अचार		
7.	कपड़े धोने का सोडा (घोल)		
8.	नमक का घोल		
9.	दूध		
10.	.....		

क्या सारी चीज़ें गुड़हल कागज़ का रंग बदलती हैं? उन पदार्थों की सूची बनाओ जो गुड़हल कागज़ का रंग बदलते हैं। (3)

क्या सारी चीज़ें बेशरम कागज़ का रंग बदलती हैं? उन पदार्थों की सूची बनाओ जो बेशरम कागज़ का रंग बदलते हैं। (4)

क्या सारी चीज़ें बोगनविला कागज़ का रंग बदलती हैं? (5)

बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 52

यही प्रयोग अन्य फूलों से भी कर सकते हो। पदार्थ भी कोई भी चुन सकते हो।

रमेश ने भी यही प्रयोग ढेर सारे फूलों से किया। रंग बदलने के इस जादू में रमेश पूरी तरह खो गया। उसके मन में यह सवाल उठा कि एक बार रंग बदलने के बाद अगर हल्दी या फूल का मूल रंग (यानी जो शुरू में था) वापस लाना चाहें तो क्या ऐसा हो सकता है?

क्या तुम कोई तरीका बता सकते हो जिससे हल्दी का रंग वापस आ जाए? (6)

लिटमस

एक खास तरह का कागज़ होता है जो लिटमस कागज़ कहलाता है। अब हम इन्हीं चीज़ों की जाँच लिटमस कागज़ से करेंगे। लिटमस कागज़ दो रंगों का मिलता है — नीला लिटमस कागज़ और लाल लिटमस कागज़। पहले नीले लिटमस से और बाद में लाल लिटमस से प्रयोग करेंगे।

प्रयोग शुरू करने से पहले तालिका 3 अपनी कॉपी में बना लो। प्रयोग के अवलोकन इसी तालिका में भरना।

विभिन्न पदार्थों से प्रयोग शुरू करने से पहले यह देखना ज़रूरी है कि सिर्फ पानी से गीला करने से लिटमस कागज़ों के रंग में क्या परिवर्तन होता है। बेहतर तो यह होता है कि सारे घोल आसुत पानी में बनाए जाएँ, मगर यदि आसुत पानी न हो, तो बहुत चिन्तित होने की ज़रूरत नहीं है।

नीले लिटमस से जाँचः प्रयोग 3

नीले लिटमस कागज़ का एक छोटा टुकड़ा हाथ में पकड़ो। जिस पदार्थ की जाँच करनी हो उसकी एक बूँद इस लिटमस कागज़ पर डालो और देखो कि कागज़ के रंग पर क्या असर हुआ। बारी-बारी से हर चीज़ की जाँच करो।

यह न भूलना कि जिस काँच की नली से घोल की बूँद लिटमस कागज़ पर लगाओ उसे हर बार धोना ज़रूरी है।

तालिका 3

क्र.	पदार्थ का नाम	नीले लिटमस से प्रयोग		लाल लिटमस से प्रयोग	
		रंग लाल हो गया	रंग नीला ही रहा	रंग नीला हो गया	रंग लाल ही रहा
1.	खाने का सोडा (घोल)				
2.	नींबू का रस				
3.	चूना (गीला)				
4.	शक्कर का घोल				
5.	इमली का रस				
6.	नींबू का अचार				
7.	कपड़े धोने का सोडा (घोल)				
8.	नमक का घोल				
9.	दूध				
10.	.....				
11.	.....				

अपने अवलोकन तालिका 3 में लिखो। (7)

लाल लिटमस से जाँचः प्रयोग 4

प्रयोग 3 में जैसे किया था, ठीक उसी तरह लाल लिटमस के साथ सभी चीज़ों की बारी-बारी से जाँच करो।

अपने अवलोकन तालिका 3 में लिखो। (8)

अब तुम इन घोलों के तीन समूह बना सकते हो।

- एक समूह उन चीज़ों का होगा जो नीले लिटमस को लाल कर देती हैं। ये सभी चीज़ें **अम्लीय** होती हैं।
- दूसरा समूह उन चीज़ों का होगा जो लाल लिटमस को नीला कर देती हैं। ये चीज़ें **क्षारीय** होती हैं।
- कुछ चीज़ें ऐसी भी होंगी जिनका किसी भी लिटमस पर कोई असर नहीं होता। यानी लाल लिटमस लाल ही रहता है और नीला लिटमस नीला। ऐसी चीज़ों को **उदासीन** चीज़ें कहते हैं।

तालिका 3 के आधार पर अम्लीय, क्षारीय व उदासीन चीज़ों के समूह बनाकर कॉपी में लिखो। (9)

अब इन समूहों के आधार पर तालिका 1 में देखकर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दोः

क्षारीय चीज़ों का हल्दी कागज़ पर क्या प्रभाव होता है? (10)

अम्लीय चीज़ों का हल्दी कागज़ पर क्या प्रभाव होता है? (11)

उदासीन चीज़ों का हल्दी कागज़ पर क्या प्रभाव होता है? (12)

साबुन लगाने पर हल्दी का दाग लाल पड़ गया था। इसके आधार पर बताओ कि साबुन के घोल को किस समूह में रखोगे। (13)

रंग बदलते पदार्थ यानी सूचक

ऊपर के प्रयोग में तुमने लिटमस से जाँच करके पता किया कि कौन-सी चीज़ें अम्लीय हैं और कौन-सी क्षारीय। यानी लिटमस हमें यह सूचना दे देता है कि कोई पदार्थ अम्लीय है या क्षारीय। सूचना देने वाले ऐसे पदार्थों को हम सूचक कहते हैं। लिटमस जैसे और भी कई सूचक होते हैं जो अम्लीय चीज़ों के साथ एक रंग देते हैं और क्षारीय चीज़ों के साथ दूसरा।

क्या हम हल्दी व फूलों के रंगों को भी सूचक कह सकते हैं? (14)

सूचकों की एक और विशेषता होती है — ये बार-बार रंग बदल सकते हैं। उदाहरण के लिए नीला लिटमस अम्ल डालने पर लाल हो जाता है। यह लाल हुआ लिटमस क्षार डालने पर फिर से नीला हो जाएगा। चाहो तो जल्दी से इस बात की जाँच कर लो।

क्या अब प्रश्न (6) का उत्तर दे सकते हो? (15)

अम्ल और क्षार का पता लगाने के लिए और भी कई सूचकों का उपयोग किया जाता है। आगे के अध्यायों में तुम्हारा परिचय ऐसे कई सूचकों से होगा।

सूचक के बार-बार रंग बदल पाने के इस गुण का एक फायदा यह है कि उनका उपयोग भी बार-बार किया जा सकता है।

अभ्यास के प्रश्न

1. तालिका 3 के आधार पर क्या हम यह कह सकते हैं कि सारी खट्टी चीज़ें अम्लीय होती हैं? नीचे लिखी खट्टी चीज़ों की जाँच करके अपने उत्तर की पुष्टि करो:
   दही, छाछ, केरी (कच्चा आम), टमाटर।
2. एक पदार्थ था जिसके बारे में मालूम नहीं था कि वह अम्लीय है, क्षारीय है या उदासीन। इस पदार्थ की दो-तीन बूँदें लाल लिटमस पर लगाईं तो कोई असर नहीं हुआ। इसे देखकर अजय ने कहा कि यह ज़रूर उदासीन है। मगर रेहाना का कहना था कि यह तो अम्लीय भी हो सकता है।
   ज़रा बताओ कि कैसे पता लगे कि वह पदार्थ अम्लीय है या उदासीन।
3. तुम्हें तीन घोल दिए गए हैं। एक अम्लीय, एक क्षारीय और एक उदासीन। साथ में केवल नीला लिटमस कागज़ दिया गया है। क्या तुम बता पाओगे कि कौन-सा घोल कैसा है? समझाकर लिखो।
4. एक घोल का हल्दी कागज़ पर कोई असर नहीं होता। इसके आधार पर बताओ कि नीचे के वाक्यों में से कौन-सा सही है:
   (क) वह घोल अम्लीय है। (ख) वह घोल क्षारीय है।
   (ग) वह घोल क्षारीय नहीं है। (घ) वह घोल उदासीन है।
   क्या तुम अनुमान से बता सकते हो कि लाल लिटमस पर इस घोल का क्या असर होगा?

'अम्ल और क्षार का परस्पर सम्बन्ध' के लिए घोल बनाने की विधियाँ

इस अध्याय के प्रयोगों में कई प्रकार के घोलों की ज़रूरत पड़ेगी। इन्हें पहले से ही पर्याप्त मात्रा में बनाकर रख लेने से सुविधा होगी। सारे घोल यथासम्भव आसुत पानी में ही बनाएँ। खास तौर से प्रयोग 5 के लिए आसुत पानी का उपयोग करें। यदि आपकी कक्षा में चार-चार बच्चों की 10-12 टोलियाँ हैं तो प्रत्येक घोल 200 मि.ली. बनाना ठीक रहेगा। घोल बनाकर उन्हें उपयुक्त पर्चियाँ लगी प्लास्टिक की शीशियों में रख लें।

कॉस्टिक सोडा (सोडियम हाइड्रॉक्साइड): लगभग 1 ग्राम सोडियम हाइड्रॉक्साइड 200 मि.ली. पानी में घोलें। यदि सोडियम हाइड्रॉक्साइड टिकिया वाला है तो 2 टिकिया ले सकते हैं।

गन्धक का अम्ल (सल्फ्यूरिक एसिड): यदि आपके पास सान्द्र गन्धक का अम्ल है तो उसमें से 2 मि.ली. लेकर 200 मि.ली. पानी में मिला लें। ध्यान रखें कि पानी में गन्धक के अम्ल को डालें; किसी भी हालत में अम्ल में पानी न डालें। यदि तनु अम्ल है तो उसका 100 मि.ली. लेकर 100 मि.ली. पानी में मिलाएँ।

नमक का अम्ल (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल): सान्द्र अम्ल हो, तो 5 मि.ली. लेकर 200 मि.ली. बना लें। यदि तनु अम्ल है तो 100 मि.ली. में 100 मि.ली. पानी मिलाएँ।

कपड़े धोने का सोडा (सोडियम कार्बोनेट): लगभग 5 ग्राम सोडियम कार्बोनेट 200 मि.ली. पानी में घोल लें।

मुख्य बात यह है कि अम्ल और क्षार के घोल ऐसे हों कि लगभग बराबर आयतन एक-दूसरे को उदासीन करें।

फिनॉफ्थलीन का रंगहीन सूचक घोल: फिनॉफ्थलीन पाउडर किसी विज्ञान सामग्री की दुकान या लैब सप्लायर के पास मिल जाएगा। वैसे आयुर्वेदिक औषधि विरेचनी भी फिनॉफ्थलीन से बनी होती है। करीब 1 ग्राम फिनॉफ्थलीन पाउडर या विरेचनी की 2 गोलियों को पीसकर 200 मि.ली. पानी में घोल लें। इस घोल को छानकर बोतल में भरकर रख लें।

फिनॉफ्थलीन का गुलाबी सूचक घोल: ऊपर बने रंगहीन सूचक घोल में से 100 मि.ली. एक अलग बोतल में लेकर उसमें दो चुटकी खाने का सोडा डाल दें। घोल गाढ़ा गुलाबी हो जाना चाहिए।

आसुत पानी

इस अध्याय के प्रयोगों के लिए सारे घोल आसुत पानी में बनाने होंगे। आसुत पानी इकट्ठा करने के लिए एक चौड़े मुँह का बरतन बाहर बारिश में रख दें। यह ज़रूरी है कि बरतन को किसी खुली जगह में रखा जाए जहाँ उसमें आसपास के किसी पेड़, कवेलू, छत इत्यादि से पानी न टपके। इसके साथ-साथ यह सावधानी भी रखनी होगी कि इस बरतन में आसपास की मिट्टी उछलकर न गिरे। इकट्ठे किए गए बारिश के पानी को अच्छी तरह साफ की गई बोतल में कॉर्क लगाकर रख लें। यही आसुत पानी है।

अम्ल-क्षार का आपसी सम्बन्ध*

अध्याय 'अम्ल और क्षार की पहचान' में तुमने लिटमस कागज़ की मदद से अम्ल, क्षार और उदासीन पदार्थों की पहचान करना सीखा था। इन अवलोकनों के आधार पर नीचे के वाक्यों में खाली स्थान भरोः

1. **अम्लीय पदार्थ _____ लिटमस को _____ कर देते हैं।**
2. **_____ लिटमस को _____ करने वाले पदार्थ क्षारीय होते हैं।**
3. **जिन पदार्थों का नीले व लाल दोनों तरह के लिटमस पर कोई प्रभाव नहीं होता उन्हें _____ पदार्थ कहते हैं।** (1)

तुमने यह देखा था कि उदासीन घोलों का सूचकों पर कोई प्रभाव नहीं होता है। तुमने यह भी देखा था कि सूचक पर अम्ल और क्षार का प्रभाव एक-दूसरे के विपरीत होता है। तब क्या यह सम्भव है कि अम्ल और क्षार को आपस में मिलाने पर ऐसा घोल बन जाए जो उदासीन हो? आओ करके देखें।

इस अध्याय के प्रयोग करने के लिए कुछ घोल पहले से बनाकर रख लेने होंगे। इनकी विधि पिछले पन्ने पर दी गई है।

एक और सूचक

इस अध्याय के प्रयोगों में हम एक नए सूचक का उपयोग करेंगे। इसका नाम है फिनॉफ्थलीन सूचक। फिनॉफ्थलीन एक सफेद-पीला पाउडर होता है। यह पानी में घुल जाता है। आधा बीकर साफ पानी लेकर उसमें एक चुटकी फिनॉफ्थलीन पाउडर डालकर अच्छी तरह हिलाकर घोल लो। यह बहुत हल्के पीले रंग का घोल होगा। इसे हम रंगहीन फिनॉफ्थलीन सूचक कहेंगे। इस घोल को दो भागों में बाँट लो। एक भाग को वैसा ही रहने देंगे। इस पर 'रंगहीन सूचक घोल' की पर्ची लगा दो।

घोल के दूसरे भाग में कॉस्टिक सोडा के घोल की कुछ बूँदें डालो। घोल हल्का गुलाबी हो जाएगा। इसे हम 'गुलाबी सूचक घोल' कहेंगे। इस पर भी पर्ची लगा लो।

फिनॉफ्थलीन का घोल भी लिटमस के समान एक सूचक है। हमने देखा कि लिटमस की ही तरह यह दो तरह का हो सकता है — रंगहीन और गुलाबी। रंगहीन सूचक घोल में कोई पदार्थ डालने पर यदि घोल गुलाबी हो जाए, तो वह पदार्थ क्षारीय है। यदि गुलाबी घोल में कोई पदार्थ डालने पर घोल रंगहीन हो जाए तो वह पदार्थ अम्लीय है। उदासीन पदार्थ न तो रंगहीन सूचक पर कोई असर डालते हैं, न गुलाबी सूचक पर।

* *बाल वैज्ञानिक कक्षा 8, 2002*

• सही पर्चियाँ ज़रूर चिपकवा लें,
• हरेक घोल का ड्रॉपर अलग-अलग रखें।

ज़रा सोचकर बताओ और फिर करके देखो कि

1. रंगहीन सूचक घोल में अम्लीय पदार्थ डालने पर क्या होगा?

2. गुलाबी सूचक घोल में क्षारीय पदार्थ डालने पर क्या होगा?

उदासीन घोल बनाना: प्रयोग 1

दो साफ परखनलियाँ लो। परखनली की जगह इंजेक्शन की शीशी का उपयोग भी कर सकते हो। एक पर 'कॉस्टिक सोडा' की पर्ची और दूसरी पर 'हाइड्रोक्लोरिक अम्ल' की पर्ची चिपका लो। हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को नमक का अम्ल भी कहते हैं।

प्रयोगों के लिए प्रत्येक टोली के पास 5 परखनलियाँ, 1 परखनली स्टैंड, 2 काँच की नलियाँ और 3 ड्रॉपर होने चाहिए। वैसे यदि परखनली की जगह इंजेक्शन शीशी का उपयोग करेंगे तो परखनली स्टैंड की ज़रूरत भी नहीं पड़ेगी।

शिक्षक से आधी-आधी परखनली में कॉस्टिक सोडा (सोडियम हाइड्रॉक्साइड) और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल भरवा लो।

एक और साफ परखनली लो। इसमें ड्रॉपर से हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल की 10 बूँदें सावधानीपूर्वक गिनकर डालो। इसी परखनली में दो बूँदें रंगहीन सूचक घोल की भी डालो।

इस घोल का रंग कैसा है? (2)

बा.वै. कक्षा 8, 2009, पृ 67

अब कॉस्टिक सोडा के घोल को एक अन्य ड्रॉपर में लो। इस घोल को बूँद-बूँद गिनकर उसी परखनली में डालो। हर बूँद डालने के बाद परखनली को अच्छी तरह हिलाकर देखो कि इसके घोल के रंग में कोई परिवर्तन आया है या नहीं। घोल को हिलाने का सही तरीका शिक्षक से सीख लो। कॉस्टिक सोडा का घोल बूँद-बूँद करके तब तक डालते रहो जब तक कि परखनली के घोल का रंग बदलकर गुलाबी होना न शुरू हो जाए।

अब परखनली का घोल कैसा है — अम्लीय या क्षारीय? (3)

इसी परखनली में अब एक बूँद हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल की डालो और देखो कि क्या रंग बदलकर पहले जैसा (रंगहीन) हो जाता है। यदि नहीं तो हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल की एक और बूँद डालकर देखो। ऐसा तब तक करते जाओ जब तक कि परखनली का घोल फिर से रंगहीन न हो जाए।

अब परखनली का घोल कैसा हो गया है — अम्लीय या क्षारीय? (4)

ऊपर के प्रयोग के आधार पर बताओ कि यदि तुम्हें एक अम्लीय घोल दिया जाए तो उसे क्षारीय कैसे बनाओगे? (5)

और यदि तुम्हें एक क्षारीय घोल दिया जाए तो उसे अम्लीय कैसे बनाओगे? (6)

इस प्रयोग को अनुमापन या टाइट्रेशन कहते हैं। इसमें अन्तिम बिन्दु यानी उदासीनीकरण का पता सूचक के रंग बदलने से चलता है। इसका मतलब है कि हमें उदासीनीकरण का पता तब चलता है जब अम्ल या क्षार की एक बूँद अधिक हो जाती है। यह इस विधि की सीमा है। यही इस विधि का अल्पतम माप है। अर्थात इस विधि में एक बूँद की गलती स्वाभाविक है। अतः जितने तनु घोलों का उपयोग किया जाएगा, त्रुटि उतनी ही कम रहेगी।

ऊपर हमने देखा कि प्रयोग में एक बिन्दु ऐसा आता है जब एक बूँद कॉस्टिक सोडा डालने पर अम्लीय घोल क्षारीय हो जाता है। इस क्षारीय घोल में फिर एक बूँद अम्ल डालने पर घोल अम्लीय हो जाता है।

सोचकर बताओ कि इस प्रयोग में उदासीन घोल बनाने का क्या तरीका हो सकता है? शिक्षक से चर्चा करके उत्तर अपने शब्दों में लिखो। (7)

अम्ल और क्षार को एक निश्चित मात्रा में मिलाने पर उदासीन घोल बनता है। ऊपर के प्रयोग में जब एक बूँद क्षार मिलाने पर अम्लीय घोल क्षारीय हो जाता है और उस क्षारीय घोल में एक बूँद अम्ल मिलाने पर घोल फिर से अम्लीय हो जाता है, तब हम कह सकते हैं कि इनके बीच कहीं उदासीन घोल बनता है। इसलिए जब एक बूँद अम्ल या क्षार मिलाने पर घोल की प्रकृति बदले तो उसे लगभग उदासीन घोल माना जाता है। इस क्रिया को **उदासीनीकरण** कहते हैं।

अम्ल के घोल की 10 बूँदों का उदासीनीकरण करने के लिए कॉस्टिक सोडा की कितनी बूँदें लगीं? (8)

उदासीनीकरण का अभ्यास: प्रयोग 2

प्रयोग 1 में दिए गए हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल की 25 बूँदें एक साफ परखनली में लो। इस परखनली में रंगहीन सूचक घोल की दो बूँदें डालो।

प्रश्न (8) के उत्तर को देखकर अनुमान से बताओ कि हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोल की 25 बूँदों के उदासीनीकरण के लिए कॉस्टिक सोडा के घोल की कितनी बूँदों की ज़रूरत होगी। (9)

अब इस परखनली में कॉस्टिक सोडा का घोल बूँद-बूँद डालकर उदासीनीकरण करो।

उदासीनीकरण के लिए ऊपर लगाए हुए अनुमान की तुलना में कॉस्टिक सोडा की बूँदें कम लगीं या अधिक? (10)

प्रयोग 3

इस प्रयोग के लिए तुम्हारे शिक्षक हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का एक नया घोल बनाएँगे। इसके लिए वे प्रयोग 2 में उपयोग किए गए हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में से 25 मि.ली. नपनाघट (Measuring cylinder) में लेकर उसमें इतना पानी डालेंगे कि उसका आयतन 50 मि.ली. हो जाए।

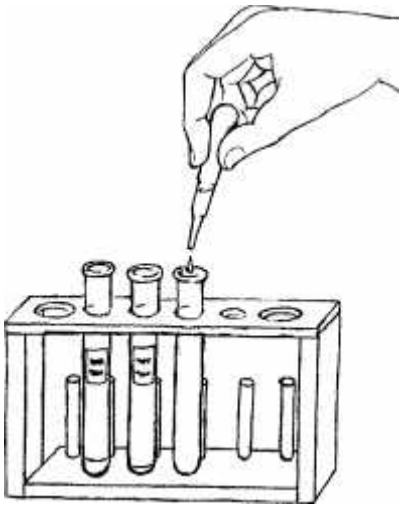
इस नए घोल की 25 बूँदें एक साफ परखनली में लो।

यदि प्रयोग 2 में उपयोग किए गए कॉस्टिक सोडा के घोल से इसका उदासीनीकरण करना हो, तो कॉस्टिक सोडा के घोल की कितनी बूँदें लगेंगी? अपना अनुमान लिख लो। (11)

अब बूँदें गिनकर कॉस्टिक सोडा का घोल परखनली में डालो और उदासीनीकरण करो।

नए अम्ल के घोल की 25 बूँदों का उदासीनीकरण करने के लिए कॉस्टिक सोडा के घोल की कितनी बूँदें लगीं? (12)

प्रयोग 2 की तुलना में इस प्रयोग में कॉस्टिक सोडा के घोल की बूँदें कम लगीं या ज़्यादा? ऐसा क्यों हुआ? (13)



बा.वै. कक्षा 8, 2009, पृ 68

इन प्रयोगों में अभ्यास इस बात का हो रहा है कि दिए गए घोल में अम्ल या क्षार की एक निश्चित मात्रा है और उदासीनीकरण का निर्धारण घोल के आयतन से नहीं बल्कि घोल में उपस्थित अम्ल या क्षार की मात्रा से होता है।

प्रयोग 2 और प्रयोग 3 के अवलोकनों के आधार पर बताओ कि क्या इन दो प्रयोगों में उपयोग किए गए हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के घोलों में अम्ल की मात्रा बराबर थी या कम-ज़्यादा? (14)

यदि हम प्रयोग 2 वाला अम्ल और प्रयोग 3 वाला अम्ल 1-1 मि.ली. लें तो इनमें से किसमें अधिक अम्ल होगा और कितने गुना अधिक? (15)

प्रयोग 4

पिछले प्रयोग की परखनलियाँ, ड्रॉपर आदि अच्छी तरह धो लो। दो परखनलियों पर 'गन्धक का अम्ल' (सल्फ्यूरिक अम्ल) और 'सोडियम कार्बोनेट' की पर्ची लगा लो। इनमें शिक्षक से 10-10 मि.ली. गन्धक का अम्ल और सोडियम कार्बोनेट के घोल ले लो।

एक साफ परखनली में गन्धक के अम्ल की 20 बूँदें लो। इसमें दो बूँद गुलाबी सूचक घोल डालो। अब इसमें सोडियम कार्बोनेट की बूँदें गिनकर डालो और उदासीनीकरण करो।

गन्धक के अम्ल की 20 बूँदों का उदासीनीकरण करने के लिए सोडियम कार्बोनेट के घोल की कितनी बूँदें लगीं? (16)

बा.वै. कक्षा 8, 2009, पृ 67

लवण

तुमने अब तक कई बार उदासीनीकरण की क्रिया की है। तुमने यह देखा है कि इस क्रिया में अम्ल और क्षार दोनों के गुण नष्ट हो जाते हैं। दरअसल जब अम्ल और क्षार को आपस में मिलाया जाता है, तब उनमें **लवण** बनते हैं। उदाहरण के लिए, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को कॉस्टिक सोडा (सोडियम हाइड्रॉक्साइड) के घोल से उदासीन करने पर नमक (सोडियम क्लोराइड) बनता है। इसी प्रकार से बनने वाले कुछ और लवण हैं: सोडियम कार्बोनेट (कपड़े धोने का सोडा), कैल्शियम क्लोराइड, कैल्शियम सल्फेट, कैल्शियम कार्बोनेट, मैग्नीशियम सल्फेट, अमोनियम क्लोराइड (नौसादर), कॉपर सल्फेट (नीला थोथा) आदि। इनमें से कुछ लवणों का उपयोग तुम दैनिक जीवन में करते हो। कुछ का उपयोग रसायन शास्त्र के प्रयोगों में करोगे।

किन्तु एक बात का ध्यान रखना। सारे उदासीन घोल लवण के घोल नहीं होते। जैसे शक्कर का घोल या स्टार्च का घोल उदासीन तो होता है पर शक्कर और स्टार्च लवण नहीं हैं। ऐसा न हो कि तुम्हें उदासीन घोल दिखे और तुम कहने लगो कि यह लवण है।

इसी प्रकार से कुछ लवण भी उदासीन न होकर अम्लीय अथवा क्षारीय होते हैं। जैसे सोडियम कार्बोनेट एक लवण है किन्तु क्षारीय होता है। यह अम्ल से उदासीनीकरण की क्रिया करता है, जैसे अन्य क्षार करते हैं।

ऊपर के प्रयोगों में हमने देखा कि उदासीन घोल बनाने के लिए अम्ल की निश्चित मात्रा में क्षार की निश्चित मात्रा मिलानी पड़ती है।

एक पहेली

रमेश ने एक परखनली में प्रयोग 4 वाला 10 बूँद गन्धक का अम्ल लिया। उसने इसमें 10 बूँद पानी डाल दिया।

अनुमान से बताओ कि इसका उदासीनीकरण करने के लिए सोडियम कार्बोनेट के उसी घोल की कितनी बूँदें लगेंगी?

प्रयोग करके अपने अनुमान की जाँच करो।

क्या तुम्हारा अनुमान सही निकला? यदि नहीं, तो इसके कारणों पर कक्षा में चर्चा करो।

तुम्हें क्या लगता है कि क्या 10 ग्राम अम्ल और 10 ग्राम क्षार को आपस में मिलाने पर उदासीनीकरण हो जाएगा? (17)

इस प्रश्न का उत्तर खोजने के लिए निम्नलिखित प्रयोग करो।

प्रश्न 17 पर भली-भाँति चर्चा करना उपयोगी होगा क्योंकि इसके बाद प्रयोग 5 में यह दर्शाने का प्रयास है कि बराबर वज़न होने पर अम्ल और क्षार उदासीनीकरण करें यह ज़रूरी नहीं है। प्रयोग 2 व 3 में बच्चों ने देखा था कि अम्ल और क्षार के बराबर-बराबर आयतन लेने पर उदासीनीकरण नहीं होता; हमें अम्ल या क्षार की मात्रा पर ध्यान देना होगा। अब प्रयोग 5 में वे देखेंगे कि सिर्फ मात्रा (वज़न) बराबर होने से भी बात नहीं बनती; कोई और चीज़ है जो अम्ल और क्षार को एक-दूसरे के तुल्य बनाती है।

इस प्रयोग के लिए घोल आसुत पानी में ही बनाएँ।

अम्ल और क्षार का मुकाबला: प्रयोग 5

इस प्रयोग में बराबर पानी में बराबर-बराबर क्षार और अम्ल घोलेंगे। तुम्हारे शिक्षक तराजू के एक पलड़े पर टार्टरिक अम्ल और दूसरे पलड़े पर कॉस्टिक सोडा (सोडियम हाइड्रॉक्साइड) रखकर तराजू को सन्तुलित करेंगे। इस प्रकार अम्ल और क्षार की बराबर-बराबर मात्रा प्राप्त हो जाएगी।

अब दो बीकरों में बराबर-बराबर (50-50 मि.ली.) पानी लेंगे। इनमें से एक में टार्टरिक अम्ल और दूसरे में सोडियम हाइड्रॉक्साइड घोल देंगे।

क्या इस तरह बने अम्ल के घोल की एक बूँद में अम्ल की मात्रा और क्षार के एक बूँद घोल में क्षार की मात्रा बराबर है? (18)

अब एक परखनली में अम्ल के घोल की 50 बूँदें लो। इसमें दो बूँद गुलाबी सूचक घोल डालो।

घोल का रंग कैसा हो गया? (19)

इस घोल को उदासीन करने के लिए तुम्हारे अन्दाज़ से क्षार की कितनी बूँदें लगनी चाहिए? (20)

अब बूँद-बूँद करके क्षार का घोल इस परखनली में डालो ताकि घोल का रंग हल्का गुलाबी हो जाए। क्षार की हर बूँद डालने के बाद घोल को हिलाना न भूलना।

नए अवलोकनों के प्रकाश में अपने निष्कर्षों पर पुनर्विचार करना विज्ञान की विधि का एक हिस्सा है। बच्चों को प्रश्न 17 के उनके निष्कर्षों की याद दिलाइए।

दरअसल बात यहीं छोड़ दी गई है कि अम्ल और क्षार की तुल्यता उनके भौतिक वज़न से पता नहीं चलती। यह तुल्यता अम्ल या क्षार के तुल्यांक भार से तय होती है। इसे जानबूझकर छोड़ा गया है क्योंकि अभी तो बच्चे अणु भार ही नहीं जानते, तुल्यांक भार की तो बात ही जाने दें। मगर अभी यदि वे इस निष्कर्ष व सवाल को भली-भाँति समझ लेते हैं कि रासायनिक क्रियाओं के दौरान भौतिक वज़न से आगे भी कुछ है, तो पर्याप्त है।

क्षार के घोल की कितनी बूँदें लगीं? (21)

क्या तुम्हारे अन्दाज़ और वास्तव में लगी बूँदों की संख्या में कोई अन्तर है? (22)

अब प्रश्न (17) पर फिर से विचार करो। खास तौर से इस बात पर विचार करो कि क्या किसी अम्ल और क्षार की तुलना करने के लिए सिर्फ वज़न जानने से काम चल जाएगा।

अभ्यास के प्रश्न

1. एक परखनली में 20 बूँद हाइड्रोक्लोरिक अम्ल लिया गया। इसका उदासीनीकरण करने के लिए सोडियम हाइड्रॉक्साइड के एक घोल की 20 बूँदें लगीं। अब यदि परखनली में 20 बूँद सोडियम हाइड्रॉक्साइड का वही घोल लेकर अम्ल से उसका उदासीनीकरण करें तो अम्ल की कितनी बूँदें लगेंगी?
2. एक शाला में शिक्षक ने अम्ल और क्षार के 1-1 लीटर घोल बनाकर रखे। अम्ल के घोल की दस बूँदों से क्षार की दस बूँदों का उदासीनीकरण होता था। गलती से दोनों में से एक घोल में पानी गिर गया।

जब फिर से उदासीनीकरण किया गया तो अम्ल की 10 बूँदों के लिए क्षार की 15 बूँदें लगीं।

क्या तुम बता सकते हो कि पानी किस घोल में गिर गया था?

क्या तुम यह भी बता सकते हो कि कितना पानी गिरा होगा?

3. अनीता ने गन्धक के अम्ल की 10 बूँदों का उदासीनीकरण सोडियम हाइड्रॉक्साइड (कॉस्टिक सोडा) के घोल से किया। कॉस्टिक सोडा की 7 बूँदें लगीं।

   उसने कॉस्टिक सोडा के 20 मि.ली. घोल में 10 मि.ली. पानी मिलाकर 30 मि.ली. बना लिया।

   गन्धक के अम्ल की 10 बूँदों के उदासीनीकरण में कॉस्टिक सोडा के इस नए घोल की कितनी बूँदें लगेंगी?

4. किसी अम्ल 'क' की 10 बूँदों के उदासीनीकरण में एक क्षार की 10 बूँदें लगती हैं। एक दूसरे अम्ल 'ख' की 10 बूँदों के उदासीनीकरण में उस क्षार की 20 बूँदें लगती हैं। फातिमा ने एक परखनली में 'क' अम्ल की 5 और 'ख' अम्ल की 10 बूँदें लीं और उनका उदासीनीकरण उसी क्षार से किया। बताओ इसके लिए क्षार की कितनी बूँदें लगेंगी?

5. एक अम्ल के 20 मि.ली. का उदासीनीकरण करने के लिए 30 मि.ली. क्षार लगता है। यदि हम 20 मि.ली. क्षार लें तो उसके उदासीनीकरण के लिए कितना अम्ल लगेगा?

बा.वै. कक्षा 8, 2009, पृ 69

रंगरेज़ों से जुड़ा है लिटमस का इतिहास*

फूलों के रंग बहुत खूबसूरत होते हैं, जैसे जासौन का सुर्ख लाल रंग। मगर क्या आपने कभी इसका रंग बदलकर देखने की कोशिश की है? काफी आसान है इसका रंग बदलना। वैसे हो सकता है आपने एक अन्य चीज़ का रंग बदलते देखा हो। हल्दी वैसे तो पीली होती है मगर ज़रा उसमें चूना लगाकर देखिए। है ना कमाल?

वनस्पतियों से प्राप्त रंगों का उपयोग अम्ल और क्षार के सूचकों के रूप में बखूबी किया जा सकता है। प्रयोगशाला में लिटमस का उपयोग तो हम करते ही हैं। लिटमस अम्ल और क्षार का एक अत्यन्त सुविधाजनक सूचक है। लिटमस कागज़ के रूप में आप इसे जेब में रखकर घूम सकते हैं। यह इतना प्रसिद्ध हुआ है कि सच और झूठ के फैसले में 'दूध का दूध, पानी का पानी' की तरह 'लिटमस टेस्ट' मुहावरे का भी प्रयोग किया जाता है।

कई बार लोग पूछते हैं कि यह लिटमस चीज़ क्या होती है? यह मिलता कहाँ से है? इसकी रासायनिक संरचना क्या है? तो मैंने कुछ खोजबीन की और जो कुछ पता चला वह काफी दिलचस्प था।

हल्दी का रंग बदलते तो हम सबने देखा है, प्राचीन काल से लोग देखते आ रहे हैं। प्राचीन काल से लोग यह भी देखते आ रहे थे कि वनस्पतियों से प्राप्त रंजकों को अलग-अलग रंगों में प्राप्त किया जा सकता है। काफी पुराने ज़माने से रंगरेज़ लोग रँगाई के लिए वनस्पति से प्राप्त रंगों का उपयोग करते आए हैं।

मगर कहते हैं ना कि गालिब का है कुछ अन्दाज़े बयाँ और! रंगरेज़ों ने अपने अनुभव से देखा था कि वनस्पतियों से प्राप्त पदार्थों का रंग कई बातों पर निर्भर करता है। जैसे रंग पर इस बात का असर पड़ता है कि उसे वनस्पति से किस मौसम में इकट्ठा किया गया है। इसके अलावा रंग पर इस बात का भी असर पड़ता था कि उसे किस विधि से प्राप्त व शोधित किया गया है।

मसलन आइरिस नामक पौधे के बैंगनी रस में यदि फिटकरी डाल दी जाए तो उसका रंग हरा हो जाता है। इसी प्रकार से एक लाइकेन रोसेला से बैंगनी रंग प्राप्त होता था। किन्तु यदि इसमें पेशाब मिलाकर इसे क्षारीय बना दिया जाता, तो रंग लाल हो जाता था। और यदि बैंगनी रस में तेज़ाब मिला दिया जाता तो उसका रंग नीला हो जाता था।

रंगरेज़ लोग इन तकनीकों का खूब उपयोग करते थे। मगर इसमें से एक वैज्ञानिक तथ्य खोज निकाला रॉबर्ट बॉयल ने। उन दिनों (1664 में) रॉबर्ट बॉयल (Robert Boyle) अपनी पुस्तक *एक्सपेरिमेंटल हिस्ट्री ऑफ कलर्स* (रंगों का प्रायोगिक इतिहास) लिख रहे थे। उनका ध्यान रंगरेज़ों के इस करतब पर भी गया। मगर बॉयल मात्र इस करतब का ब्यौरा देकर रुके नहीं।

अम्ल या क्षार मिलाकर अलग-अलग रंग प्राप्त कर सकते हैं तो हम इन रंगों का उपयोग अम्ल और क्षार की पहचान के लिए क्यों नहीं कर सकते? उस समय अम्ल और क्षार की पहचान के लिए कोई सूचक उपलब्ध न था। दूसरी बात यह थी कि खास तौर से खनिज अम्ल उस समय रासायनिक विश्लेषण में बहुत उपयोगी हो गए थे। अतः अम्लीय गुण और क्षारीय गुण की पहचान के लिए किसी आसान तरीके की दरकार थी। बॉयल के उक्त तर्क में से लिटमस का जन्म हुआ। यह रोसेला नामक लाइकेन के सत से प्राप्त एक रंजक था।

इसके बाद तो कई ऐसे सूचक खोजे गए। मगर लिटमस ही प्रथम अम्ल-क्षार सूचक था। उस समय इसका उत्पादन मात्र नीदरलैंड्स में होता था और इसे बनाने की विधि काफी गुप्त रखी जाती थी। नीदरलैंड्स में 16वीं सदी से ही इसका उत्पादन होता चला आ रहा था। यह एकाधिकार 1940 में जाकर समाप्त हुआ जब इंग्लैंड में जॉनसन्स (Johnsons) ने इसका उत्पादन शुरू किया।

* *शैक्षणिक संदर्भ, अगस्त-सितम्बर 2001*

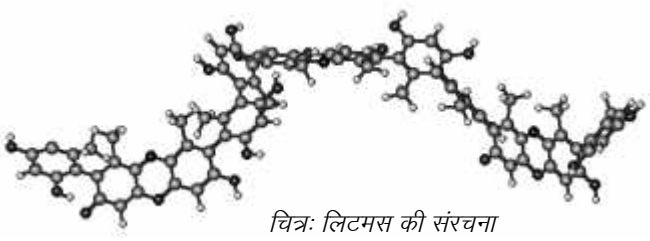
शोखियों में घोला जाए फूलों का शबाब – लिटमस का उत्पादन

मध्य युग में लिटमस प्राप्त करने के लिए पहले रोसेला लाइकेन में से ऑर्चिल प्राप्त किया जाता था। आप स्वयं इस विधि का लुत्फ उठाइए।

"ऑर्चिल बनाने की विधि"

"एक पाउण्ड लेवॉ की ओर्सेल लो, एकदम स्वच्छ; इसे पेशाब से भिगाओ, इसमें साल अमोनिएक, साल गेमे और सॉल्ट पीटर प्रत्येक दो-दो आउन्स मिलाओ, इन्हें अच्छी तरह कूटकर मिलाओ और फिर 12 दिन के लिए छोड़ दो। दिन में दो बार मिश्रण को हिलाओ, और फिर उसे लगातार गीला रखो, थोड़ी-थोड़ी पेशाब मिलाते रहो। इस स्थिति में इसे आठ दिन रहने दो, लगातार हिलाते रहो, इसके बाद इसमें डेढ़ पाउण्ड पोटाश डालो। एक बार फिर आठ दिन पड़ा रहने दो, समय-समय पर हिलाते रहो और उतनी ही मात्रा में पेशाब डालो। पाँच-छह दिन बाद दो ड्रेचम आर्सेनिक डालो, तब यह उपयोग के लिए तैयार है।"

लिटमस उत्पादन में अन्तर केवल इतना होता है कि पूरे मिश्रण में पोटाश, चूना और जिप्सम भी मिलाए जाते हैं। आजकल



चित्रः लिटमस की संरचना

लिटमस का उत्पादन ज़्यादा सरल विधि से किया जाता है। लाइकेन को सोडियम कार्बोनेट व अमोनिया के घोल में पीसा जाता है। कई सप्ताह तक बीच-बीच में हिलाते हुए इसे पड़ा रहने देते हैं। धीरे-धीरे इसका रंग बैंगनी और फिर नीला हो जाता है। अब लाइकेन को सुखाकर पाउडर बना लेते हैं। इस अवस्था में लाइकेन में कुछ मात्रा में लिटमस और कुछ मात्रा में अन्य रंजक होते हैं। अल्कोहल के साथ घोलकर ओर्सीन को अलग कर लिया जाता है। इस प्रकार से शुद्ध लिटमस प्राप्त हो जाता है। ज़ाहिर है इस पूरी प्रक्रिया में बीच में तमाम पदार्थ बनते बिगड़ते होंगे।

दरअसल लाइकेन से रंजकों का एक मिश्रण मिलता है। इस मिश्रण में ऑर्चिल, ओर्सीन, लिटमस आदि रंजक होते हैं। अतः जो लिटमस हम इस्तेमाल करते हैं वह सम्भवतः एक मिश्रण ही है। शुरुआती दौर में इसके उत्पादन के लिए एक मात्र लाइकेन *ओक्रोलेचिया टार्टेरिया* का उपयोग होता था।

एक रोचक बात यह भी है कि सोलहवीं सदी से उपयोग किए जा रहे इन रंजकों की रासायनिक संरचना का पता काफी देर से चल पाया। इनके विश्लेषण में सबसे बड़ी बाधा तो शायद इन्हें शुद्ध रूप में प्राप्त करने की थी। इस दिशा में पहला कदम पियरे रॉबिकेट (Robiquet H) ने 1829 में उठाया जब उन्होंने मिश्रण में से ओर्सीन नामक रसायन अलग किया। इसके बाद 1840 में इस लाइकेन से चार अलग रंगीन पदार्थ प्राप्त किए गए – एज़ोलिटमिन, स्पेनियोलिटमिन, इरिथ्रोलिन और इरिथ्रोलिटमिन। इरिथ्रोलिटमिन ही लिटमस है। यह एक बहुलक यानी पॉलीमर होता है। इन यौगिकों की संरचना ज्ञात करने का श्रेय हैंस मुसो (Hans Musso) को जाता है। उन्होंने 1956 से 1965 के बीच इनका अध्ययन करके कम से कम 25 शोध पत्र प्रकाशित किए थे।

वैसे रंगरेज़ों और लिटमस के सम्बन्धों का एक पन्ना अभी और है। उसका सम्बन्ध लिटमस कागज़ से है। आपने ध्यान दिया होगा कि यूनिवर्सल सूचक के अलावा लिटमस ही एक मात्र ऐसा सूचक है जिसका उपयोग लिटमस कागज़ के रूप में किया जाता है। आखिर लिटमस कागज़ बनाने का आइडिया कहाँ से आया? एक बार फिर रंगरेज़ों की याद आती है।

रंगरेज़ लोग एक अन्य पौधे टर्नसोल (*क्रोज़ोफेरा टिंक्टोरिया*) से बैंगनी रंग प्राप्त किया करते थे। पौधे से इस रंजक का घोल प्राप्त हो जाने पर वे कपड़े के टुकड़ों को इसमें भिगोकर सुखाकर रख लिया करते थे। जब फिर से रंग प्राप्त करना होता था, तो इन कपड़ों को पानी में भिगोया जाता था। मज़ेदार बात यह थी कि ऐसा करने पर बैंगनी नहीं सुर्ख लाल रंग प्राप्त होता था। दूसरी ओर यदि कपड़े को भिगोने से पहले चूने के पानी में से निकाल लिया जाता तो बाद में बैंगनी रंग ही प्राप्त होता था।

कहते हैं कि कागज़ की पट्टियों को रोसेला के सत में भिगोकर लिटमस कागज़ बनाने का विचार बॉयल को यहीं से सूझा था।

❖ ❖

क्या बताते हैं सूचक रंग बदलकर?*

अम्ल-क्षार की पहचान करते समय अक्सर सूचकों का इस्तेमाल होता है। लेकिन सूचकों का इस्तेमाल करते हुए शायद ही हम कभी यह सोचते हैं कि सूचक काम कैसे करते हैं, और क्या सब सूचक एक जैसे होते हैं?

अम्ल और क्षार की पहचान करने में सूचकों का उपयोग तो हम सबने किया है; लिटमस, फिनॉफ्थलीन, मिथाइल ऑरेंज... वगैरह कितने ही सूचक हम जानते भी हैं। इन सबकी विशेषता यह है कि ये अम्लीय माध्यम में किसी एक रंग के होते हैं तो क्षारीय माध्यम में किसी और रंग के।

क्यों बदलते हैं रंग

सबसे पहले सवाल तो यही उठता है कि ये रंग बदलते क्यों हैं? इस सवाल का जवाब काफी आसान है। ये सूचक ऐसे पदार्थ हैं जो दो रूपों में रह सकते हैं। एक रूप से दूसरे में इनका परिवर्तन काफी आसानी से होता है। और सबसे बड़ी बात यह है कि यह रूप परिवर्तन रसायन की भाषा में उत्क्रमणीय होता है, यानी रूप परिवर्तन पुनः बहाल किया जा सकता है। रूप परिवर्तन मूलतः इस बात पर निर्भर होता है कि माध्यम क्षारीय है या अम्लीय।

उदाहरण के लिए फिनॉफ्थलीन को लें। यह पदार्थ स्वयं एक दुर्बल अम्ल है। इसका सूत्र इस तरह लिखा जा सकता हैः HPh; मगर यह स्थिति अम्लीय घोल में होती है, और उस समय यह घोल रंगहीन होता है।

जब घोल क्षारीय होता है तो फिनॉफ्थलीन का आयनीकरण हो जाता हैः

$$HPh + OH^- \rightarrow HOH + Ph^-$$

यह Ph^- ऋणायन गुलाबी होता है। इसलिए क्षारीय घोल में फिनॉफ्थलीन गुलाबी हो जाता है। जबकि HPh रूप रंगहीन होता है ।

समस्त सूचक स्वयं दुर्बल कार्बनिक अम्ल या कार्बनिक क्षार होते हैं। प्रत्येक मामले में आयनीकृत अवस्था और अन-आयनीकृत अवस्था का रंग अलग-अलग होता है। यही इनके रंग बदलने का राज़ है।

सूचक-सूचक एक समान?

इस आसान सवाल के बाद एक मुश्किल सवाल पर आते हैं। सवाल यह है कि क्या सभी सूचक अम्ल को अम्ल और क्षार को क्षार बताते हैं। बात को स्पष्ट करना ज़रूरी है क्योंकि बात थोड़ी गोल-गोल लग रही होगी। और इसके लिए ज़रूरी है कि अम्ल और क्षार को परिभाषित कर दिया जाए।

वर्तमान मकसद से मैं अम्ल और क्षार की सबसे सरल परिभाषा से ही शुरू करता हूँ। जो नीले लिटमस को लाल कर दे, वह अम्ल; और जो लाल लिटमस को नीला कर दे, वह क्षार।

अब मान लीजिए पदार्थ 'क' ने लाल लिटमस को नीला कर दिया, तो यह हो गया क्षार। सवाल यह है कि यदि हम फिनॉफ्थलीन सूचक का इस्तेमाल करें तो क्या वह भी इसे क्षार बताएगा; यानी क्या इस घोल में रंगहीन फिनॉफ्थलीन डालने पर वह गुलाबी हो जाएगा? आपका क्या विचार है?

यानी मैं यह पूछ रहा हूँ कि लिटमस जिस घोल को क्षारीय बताता है क्या उसे फिनॉफ्थलीन भी क्षारीय बताएगा?

आपको शायद लगे कि यह सवाल ही बेतुका है। जब घोल क्षारीय है, तो फिनॉफ्थलीन हो या कोई भी सूचक हो, उसे क्षारीय ही बताएगा।

मगर बदकिस्मती (या खुशकिस्मती) से ऐसा नहीं है। कई मर्तबा ऐसा हो जाता है कि एक सूचक जिस घोल को अम्लीय बताता है दूसरा सूचक उसे क्षारीय दर्शाता है।

** शैक्षणिक संदर्भ, अगस्त-सितम्बर 2001*

पानी की क्षारीयता

आइए, पानी का उदाहरण लेकर इस बात को समझने की कोशिश करें। पानी के साधारण परीक्षण में उसकी क्षारीयता का मापन किया जाता है। यह काम किसी भी मानक अम्ल के घोल से पानी के अनुमापन (टाइट्रेशन) के द्वारा किया जा सकता है। करते यह हैं कि जिस पानी का परीक्षण करना हो उसे नापकर फ्लास्क में ले लेते हैं। इसमें 2-3 बूँद फिनॉफ्थलीन (रंगहीन) सूचक डाल देते हैं। आम तौर पर यह गुलाबी हो जाता है (पानी क्षारीय है)। अब ब्यूरेट से बूँद-बूँद करके अम्ल डालते हैं, जब तक कि पानी रंगहीन न हो जाए। पानी के रंगहीन हो जाने तक जितना अम्ल डाला है उसके आधार पर पानी में उपस्थित क्षार की मात्रा की गणना कर लेते हैं।

गुलाबी फिनॉफ्थलीन सूचक रंगहीन हो गया मतलब घोल उदासीन है (या थोड़ा अम्लीय होगा)। अब इस उदासीन घोल में मिथाइल ऑरेंज की 2-3 बूँदें डालते हैं। उम्मीद के विपरीत मिथाइल ऑरेंज इसे क्षारीय दर्शाता है (यानी पीला रंग देता है)। अब एक बार फिर इसमें बूँद-बूँद अम्ल डालकर टाइट्रेशन करते हैं, जब तक कि इसका रंग नारंगी न हो जाए। और एक बार फिर इसकी क्षारीयता की गणना करते हैं।

दरअसल पानी परीक्षण के सन्दर्भ में इन दो क्षारीयताओं को फिनॉफ्थलीन क्षारीयता और कुल क्षारीयता (फिनॉफ्थलीन + मिथाइल ऑरेंज से नापी गई कुल क्षारीयता) के नाम दिए गए हैं। तो यह क्या चक्कर है? जिस घोल को फिनॉफ्थलीन ने उदासीन घोषित कर दिया था, उसे मिथाइल ऑरेंज ने क्षारीय क्यों बताया?

परिभाषा का विस्तार

इसे समझने के लिए हमें अम्ल और क्षार की परिभाषा की अगली पायदान पर जाना होगा । यह परिभाषा आयनीकरण की अवधारणा से उभरती है। वे सारे पदार्थ जो पानी में घुलकर हाइड्रोजन आयन उत्पन्न करते हैं, अम्ल हैं। पानी में घुलकर हाइड्रॉक्सिल आयन उत्पन्न करने वाले पदार्थ क्षार हैं। अर्थात् यदि HA अम्ल है तो पानी में यह निम्नानुसार आयनीकृत होगाः

$$HA \rightarrow H^+ + A^-$$

और यदि BOH पदार्थ क्षार है तो पानी में घोलने पर यह निम्नानुसार व्यवहार करेगाः

$$BOH \rightarrow B^+ + OH^-$$

इसका मतलब यह नहीं है कि अम्ल के घोल में हाइड्रॉक्सिल आयन नहीं होते। एक नियम के तौर पर आप यह याद रख सकते हैं कि पानी चाहे शुद्ध हो या मिलावटी उसमें हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता और हाइड्रॉक्सिल आयन की सान्द्रता का गुणनफल हमेशा निश्चित होता हैः

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$$

अर्थात $[H^+]$ की सान्द्रता बढ़ने पर $[OH^-]$ की सान्द्रता उसी अनुपात में कम होती जाएगी ताकि दोनों का गुणनफल 10^{-14} ही रहे। इसलिए किसी घोल की अम्लीयता व क्षारीयता दोनों को हम $[H^+]$ आयन की सान्द्रता के रूप में व्यक्त कर सकते हैं। इसके लिए एक आसान पैमाना बनाया गया है। इसे pH पैमाना कहते हैं। यह घोल में H^+ आयन की सान्द्रता दर्शाता हैः

pH 7 से कम	घोल अम्लीय
pH ठीक 7	घोल उदासीन
pH 7 से ज़्यादा	घोल क्षारीय

pH पैमाने को समझने में जिनकी दिलचस्पी हो, वे इस लेख के अन्त में दिया गया बॉक्स ज़रूर पढ़ें।

किसी अम्ल या क्षार को पानी में घोलें तो उस घोल की pH अम्ल या क्षार की प्रकृति पर निर्भर करती है। हाँ, उस पर अम्ल या क्षार की मात्रा का थोड़ा बहुत असर ज़रूर पड़ता है और तापमान का भी असर पड़ता है। मगर मूलतः यह उस अम्ल या क्षार की प्रकृति से ही तय होता है कि उसकी pH कितनी होगी।

सूचक... फिर एक बार

अम्ल या क्षार की इस नई परिभाषा के तहत अब हमारा सवाल यह हो जाता है कि क्या सारे सूचक 7 से कम pH वाले घोलों को अम्लीय और 7 से ज़्यादा pH वाले घोलों को क्षारीय बताते हैं। दूसरे शब्दों में, सवाल यह है कि क्या सभी सूचक pH 7 पर रंग बदलते हैं।

बदकिस्मती या खुशकिस्मती से ऐसा नहीं होता है। यहाँ प्रस्तुत चार्ट से यह बात स्पष्ट हो जाती है कि अलग-अलग

सूचक	रंग में बदलाव		बदलाव की pH
	अम्लीय	क्षारीय	
मिथाइल वायलेट	पीला	नीला	0.0–1.6
मिथाइल येलो	लाल	पीला	2.9–4.0
ब्रोमोफिनॉल ब्लू	पीला	नीला	3.0–4.6
मिथाइल ऑरेंज	लाल	पीला	3.2–4.4
मिथाइल रेड	लाल	पीला	4.8–6.0
लिटमस	लाल	नीला	5.5–8.0
ब्रोमोथाइमॉल ब्लू	पीला	नीला	6.0–7.6
फिनॉल रेड	पीला	लाल	6.6–8.0
फिनॉफ्थेलीन	रंगहीन	लाल	8.2–10.6
थाइमॉलफ्थेलीन	रंगहीन	नीला	9.4–10.6
एलीज़रीन येलो	पीला	लाल	10.0–12.0

सूचक अलग-अलग pH पर रंग बदलते हैं। मसलन, pH 8 से ज़्यादा हो तो फिनॉफ्थलीन गुलाबी या लाल होता है, pH 8 हो तो रंगहीन हो जाता है। यानी pH 8 से कम वाले घोल को यह अम्लीय/उदासीन बताता है। ऐसे घोल (जिनका pH 8 से 7 के बीच है) मिथाइल ऑरेंज से जाँचने पर क्षारीय नज़र आएँगे। इसके विपरीत कई घोल ऐसे भी होंगे (pH 4 से 7 के बीच) जिन्हें अम्लीय होते हुए भी, मिथाइल ऑरेंज क्षारीय/उदासीन बताएगा क्योंकि मिथाइल ऑरेंज pH 4 पर रंग बदलता है।

सूचक के बार-बार रंग बदल पाने के इस गुण का एक फायदा यह है कि उनका उपयोग भी बार-बार किया जा सकता है।

आखिर ये सारे सूचक pH 7 पर ही रंग क्यों नहीं बदलते? आइए कारण समझने की कोशिश करें।

मैंने पहले ही कहा था कि ये सब सूचक स्वयं दुर्बल अम्ल या दुर्बल क्षार हैं। इनका रंग इस बात पर निर्भर है कि घोल में ये आयनीकृत अवस्था में हैं या अन-आयनीकृत अवस्था में।

सरलता के लिए हम कह सकते हैं कि प्रत्येक सूचक का आयनीकरण एक विशिष्ट pH पर ही होता है। लिहाज़ा इसी pH पर जाकर वह सूचक रंग बदलेगा।

आसपास बिखरे हैं सूचक

अपने आसपास चारों तरफ ढेरों सूचक बिखरे रहते हैं। अक्सर हमें अन्दाज़ा ही नहीं होता कि हल्दी, बेशरम या गुड़हल का फूल, सफाई के काम आने वाला डोमेक्स का घोल, कुछ स्याहियाँ, बहुत से अन्य फूल और भी जाने कौन-कौन से सूचक बिखरे पड़े हैं चारों तरफ।

अपने इर्द-गिर्द बिखरे हुए विभिन्न सूचक पहचानना और देखना कि वे अम्ल और क्षार के साथ क्या-क्या रंग बदलते हैं, अपने आपमें एक मज़ेदार गतिविधि हो सकती है। और अगर इस अभ्यास को और चुनौतीपूर्ण बनाना हो तो फिर आप ये भी पता लगा सकते हैं कि इनमें से हर सूचक किस pH पर अपना रंग बदलता है। एक अच्छा-खासा प्रोजेक्ट बन सकता है यह प्रयास।

pH पैमाना

हमने ऊपर देखा कि शुद्ध पानी में $[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$ मोल आयन प्रति लीटर।

अब पानी में हम जब अम्ल या क्षार डालते हैं, तो वे क्रमशः H^+ आयन या OH^- आयन पैदा करते हैं।

मान लीजिए हमने अम्ल डाला है, तो पानी में H^+ आयन की सान्द्रता बढ़ेगी। यदि H^+ और OH^- का गुणनफल स्थिर रहना है तो उसी अनुपात में OH^- की सान्द्रता घटेगी।

यदि क्षार डालेंगे तो उसमें OH^- की सान्द्रता बढ़ेगी। तब गुणनफल को स्थिर रखने के लिए H^+ आयन की सान्द्रता घटने लगेगी। लिहाज़ा यदि हमें किसी घोल में H^+ आयन की सान्द्रता मालूम है, तो हम उपरोक्त समीकरण के द्वारा OH^- आयन की सान्द्रता ज्ञात कर सकते हैं। अतः किसी घोल की अम्लीयता और क्षारीयता दोनों को ही H^+ आयन सान्द्रता के रूप में व्यक्त किया जा सकता है।

H^+ (मोल आयन प्रति लीटर)	**घोल की प्रकृति**
10^{-7}	उदासीन
10^{-7} से ज़्यादा	अम्लीय
10^{-7} से कम	क्षारीय

10^{-7} ग्राम आयन प्रति लीटर के रूप में व्यक्त करने की मुश्किलों को देखते हुए सन् 1909 में सोरेन्सन (Sorensen) ने एक पैमाना विकसित किया था। इसे pH पैमाना कहते हैं। उन्होंने बताया कि H^+ सान्द्रता का लॉगेरिद्म निकालकर उसे ऋणात्मक चिह्न से प्रकट किया जाए; और इसे pH कहें।

यानी $pH = -Log\,[H^+]$

जैसे अगर $[H^+] = 10^{-7}$

$pH = -Log\,[10^{-7}]$

$= -[-7]$

$= 7$

या $[H^+] = 10^{-4}$

तो $pH = -Log\,[10^{-4}]$

$= -[-4]$

$= 4$

या $[H^+] = 10^{-14}$

तो $pH = -Log\,[10^{-14}]$

$= -[-14]$

$= 14$

इसके अनुसार $pH = 7$ तो घोल उदासीन

$pH > 7$ तो घोल क्षारीय

$pH < 7$ तो घोल अम्लीय

अभी तक जो पढ़ा-समझा है उसे जाँचने के लिए ज़रा गणना कीजिए:

- pH 4 वाले घोल में OH^- की सान्द्रता कितनी होगी? यहाँ यह स्पष्ट करना ज़रूरी है कि अम्लीय घोल में भी OH^- आयन मौजूद होते हैं मगर इनकी मात्रा H^+ आयन से बहुत कम होती है।
- किसी घोल में H^+ की मात्रा 3×10^{-2} मोल आयन प्रति लीटर है। इसकी pH कितनी होगी?
- यदि इस घोल में H^+ की मात्रा दुगुनी कर दी जाए तो इसकी pH कितनी हो जाएगी?
- यदि H^+ आयन की मात्रा 10 गुनी कर दी जाए तो इसकी pH कितनी हो जाएगी?

❖ ❖

दो तरह की अम्लीयता, क्षारीयता*

अम्लीयता-क्षारीयता के मापन के लिए हम क्षार या अम्ल का एक मानक घोल लेते हैं। इसकी सान्द्रता हमें ज्ञात है। अब जिस घोल की अम्लीयता-क्षारीयता नापनी है उसका उदासीनीकरण इस मानक घोल के निश्चित आयतन से करते हैं। फिर जाने-माने $N_1V_1 = N_2V_2$ के सूत्र से हम अज्ञात घोल में अम्ल या क्षार की मात्रा पता लगा लेते हैं। (जहाँ N_1 व N_2 पहले और दूसरे घोल में अम्ल/क्षार की नॉर्मलता दर्शाते हैं और V_1 व V_2 उनके आयतन।)

आप यह भी जानते हैं कि अम्लीयता-क्षारीयता का दूसरा माप है pH। उदासीन पानी की pH 7 होती है। 7 से कम pH होने पर घोल अम्लीय कहलाता है और 7 से ज़्यादा pH हो तो क्षारीय। pH नापने के लिए यूनिवर्सल pH घोल का उपयोग किया जाता है।

बहरहाल अम्लीयता-क्षारीयता मापन की इन दो विधियों में क्या अन्तर है यह समझना अनिवार्य है। मसलन सवाल यह उठता है कि यदि किसी घोल की pH 6.5 है और किसी घोल की pH 4.2 है तो किसकी अम्लीयता ज़्यादा होगी? दूसरे शब्दों में, सवाल यह है कि pH 8.5 क्या दर्शाती है? या किसी क्षार की pH 8.5 है और किसी अन्य क्षार की pH 11.3 है तो किसकी क्षारीयता ज़्यादा होगी?

इस प्रश्न का उत्तर पाने के लिए हमें अम्ल और क्षार के एक गुण पर विचार करना होगा। अम्ल वे पदार्थ हैं जो पानी में घोले जाने पर हाइड्रोजन आयन (H^+) देते हैं। तथा क्षार वे पदार्थ हैं जो हाइड्रॉक्सिल आयन (OH^-) देते हैं।

स्वयं पानी भी कुछ हद तक विभाजित होकर हाइड्रोजन व हाइड्रॉक्सिल आयन के रूप में मौजूद रहता है:

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \quad - - - - - (1)$$

(ज़ाहिर है, हम अम्ल-क्षार की अर्हीनियस (Arrhenius) अवधारणा का इस्तेमाल कर रहे हैं। हमारे मकसद के लिए वही पर्याप्त व उचित है।)

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \text{-----} (2)$$

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^- \text{-----} (3)$$

दोनों तरफ बने तीर के निशान से पता चलता है कि ये सारी क्रियाएँ दोनों दिशाओं में चलती हैं — इन्हें कठिन शब्दावली में उत्क्रमणीय क्रियाएँ कहा जाता है। वैसे इन्हें दोतरफा क्रिया कहने से भी काम चल जाएगा। पानी का आयनीकरण (समीकरण 1) देखने से पता चलता है कि H^+ व OH^- आयन बराबर संख्या में बनते हैं। लिहाज़ा पानी उदासीन बना रहता है। मगर फिर भी हम यह गणना तो कर ही सकते हैं कि उदासीन पानी में कितने H^+ आयन होते हैं और कितने OH^- आयन होते हैं। अलग-अलग तापमान पर ऐसी गणनाएँ करके जो निष्कर्ष निकाले गए हैं वे यहाँ तालिका में दिए हैं।

तापमान (° से.)	पानी का आयन गुणनफल	उदासीन पानी की pH
0	1.139×10^{-15}	7.970
18	5.702×10^{-15}	7.117
25	1.008×10^{-14}	7.0
50	5.474×10^{-14}	6.631
100	5.9×10^{-13}	6.120

पानी का आयनों में विभाजन बहुत कम मात्रा में होता है। पानी को आयनों में विभक्त करने की प्रक्रिया में काफी ऊर्जा (ऊष्मा) लगती है। इसलिए तापमान बढ़ने पर आयनीकरण ज़्यादा होता है। परन्तु एक बात ध्यान में रखनी होगी कि तापमान कुछ भी हो मगर जब भी पानी के एक अणु का आयनीकरण होगा तो बराबर संख्या में H^+ व OH^- आयन बनेंगे।

* *शैक्षणिक संदर्भ, मार्च-अप्रैल 1995*

तालिका देखकर बताइए कि तापमान के साथ आयन गुणनफल बढ़ता है या घटता है?

pH क्या चीज़ है?

हमने देखा कि पानी का आयनीकरण होने पर H^+ और OH^- आयन बनते हैं। अर्हीनियस नामक वैज्ञानिक ने यह स्पष्ट किया था कि H^+ आयन अम्लीय गुण दर्शाते हैं और OH^- आयन क्षारीय गुण। पानी का आयनीकरण होने पर दोनों बराबर संख्या में बनते हैं इसलिए पानी उदासीन ही रहता है — इसलिए पानी उभयधर्मी कहलाता है।

अब मान लीजिए हम नमक के अम्ल को पानी में घोलते हैं। नमक के अम्ल का भी आयनों में विभाजन होता है:

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

इसी प्रकार से एसिटिक अम्ल को पानी में घोलने से भी आयन प्राप्त होते हैं।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3OO^- + H^+$$

अर्थात अम्ल घोलने पर H^+ आयन की मात्रा बढ़ेगी। हमें फिलहाल इस बात से कोई मतलब नहीं है कि ऋणात्मक आयन कौन सा है। इसी प्रकार से किसी क्षार (जैसे सोडियम हाइड्रॉक्साइड) को पानी में घोलें तो इस तरह आयनीकरण होता है:

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

$$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$$

यानी क्षार घोलें तो OH^- की मात्रा बढ़ेगी। यहाँ एक रोचक बात पर ध्यान देना ज़रूरी है। जब हम जलीय विलयन की बात कर रहे हैं तो यह पक्की बात है कि उसमें H^+ और OH^- आयनों की मात्रा का गुणनफल एक निश्चित तापमान पर स्थिर रहता है।

मसलन 25 डिग्री सेल्सियस पर यह गुणनफल 1.008×10^{-14} होता है। यदि उसमें अम्ल डाला तो H^+ आयन की सान्द्रता बढ़ेगी। गुणनफल को स्थिर रखते हुए उसी अनुपात में OH^- की सान्द्रता कम हो जाएगी। इसी प्रकार से क्षार मिलाने पर OH^- की सान्द्रता बढ़ती है और उसी अनुपात में H^+ की सान्द्रता घट जाती है।

ऐसा क्यों होता है उसमें बाद में जाएँगे, पहले इसका एक फायदा देख लें। H^+ व OH^- के इस सन्तुलन की वजह से फायदा यह होता है कि इनमें से किसी एक की सान्द्रता मालूम हो तो दूसरे की सान्द्रता की गणना की जा सकती है, बशर्ते कि दोनों आयनों का गुणनफल मालूम हो।

ऐसा क्यों होता है?

अगर पानी में नमक का अम्ल (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल) मिलाया जाए तो उसमें पानी और अम्ल दोनों का आयनीकरण होगा। इन्हें समीकरण के रूप में इस तरह लिख सकते हैं:

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

इन दोनों में ही H^+ आयन उत्पन्न हो रहे हैं। सरल शब्दों में कहें तो इन दो क्रियाओं के बीच प्रतिस्पर्धा होती है। इस प्रतिस्पर्धा में पानी का आयनन कम हो जाता है। अतः OH^- की संख्या भी कम हो जाती है। इसी प्रकार से पानी और कॉस्टिक सोडा के घोल में:

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

यहाँ भी दोनों के बीच प्रतिस्पर्धा के कारण पानी का आयनन कम हो जाता है तथा इस तरह से H^+ की मात्रा भी कम हो जाती है।

पिछले लेख में हम यह देख चुके हैं कि किसी भी घोल में मौजूद आयनों (H^+ और OH^-) की मात्रा को pH के रूप में कैसे दर्शाया जाता है (देखें पेज 35)।

pH दो बातों पर निर्भर है। पहली बात है कि उस घोल में कितना अम्ल मिलाया गया है? और दूसरी बात है कि अम्ल का आयनों में विभाजन कितनी हद तक हुआ है। जितना ज़्यादा विभाजन होगा, pH भी उतनी ही कम होगी। अलग-अलग अम्ल का विभाजन (आयनीकरण) अलग-अलग हद तक होता है। प्रबल अम्लों का आयनीकरण काफी ज़्यादा होता है। प्रबल अम्लों के तनु घोल में तो लगभग पूरा अम्ल ही आयनों के रूप में मौजूद रहता है। दुर्बल अम्लों का आयनीकरण अपूर्ण होता है।

उदाहरण के लिए:

प्रबल अम्ल

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

दुर्बल अम्ल

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

(तीर की लम्बाई से क्रिया की रफ्तार का पता चलता है।)

पीछे के समीकरणों से दो बातें साफ हैं:

1. अम्ल/क्षार के आयनीकरण की क्रिया दोतरफा क्रिया है। यानी अम्ल/क्षार विभक्त होकर आयन बनाते हैं और आयन वापस जुड़कर अम्ल/क्षार बना देते हैं।
2. विभिन्न अम्लों/क्षारों में आयनीकरण की रफ्तार और वापस जुड़ने की रफ्तार अलग-अलग होती है। किसी में आयनीकरण ज़्यादा होता है तो किसी में कम। मगर एक समय पर किसी भी अम्ल या क्षार के घोल में आयनों की निश्चित मात्रा होती है।

pH के द्वारा हम यही नापते हैं कि किसी भी वक्त अम्ल/क्षार के घोल में H^+/OH^- की मात्रा कितनी है। इसे सक्रिय अम्लीयता/क्षारीयता कहते हैं। हो सकता है कि घोल में कुल अम्ल की मात्रा ज़्यादा हो मगर आयनन कम होने की वजह से उसकी pH ज़्यादा आए। (ज़्यादा pH का अर्थ है कि H^+ आयन कम बन रहे हैं)। मसलन यदि हमने एक नॉर्मल (1N) एसिटिक अम्ल और नाइट्रिक अम्ल लिए हैं तो स्पष्ट है कि इन दोनों को उदासीन करने के लिए एक नॉर्मल (1N) सोडियम हाइड्रॉक्साइड के घोल के बराबर-बराबर आयतन लगेंगे। यानी इनकी अम्लीयता बराबर है। मगर यदि 1N एसिटिक अम्ल (CH_3COOH) और 1N नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) के हाइड्रोजन आयन का मापन किया जाए तो HNO_3 में यह मात्रा 1 मोल आयन प्रति लीटर आएगी। वहीं CH_3COOH में H^+ आयन मात्र 0.0034 मोल आयन प्रति लीटर ही होगी। यानी नाइट्रिक अम्ल के 1N घोल की pH $-\log 1 = 0$ के आसपास होगी। जबकि एसिटिक अम्ल के 1N घोल की pH $-\log (0.0034) = -\log 3.4 \times 10^{-3} = 3.5$ होगी।

यानी pH द्वारा दर्शित सक्रिय अम्लीयता तथा कुल अम्लीयता में बहुत अन्तर होता है।

एक बार फिर देखें

1. किसी भी जलीय घोल में pH से H^+ आयनों की मात्रा का पता चलता है।
2. 25 डिग्री सेल्सियस तापमान पर पानी में H^+ और OH^- आयनों की संख्या बराबर होती है। इसलिए पानी को उदासीन माना गया है।
3. अम्ल पानी में घुलने पर हाइड्रोजन आयन (H^+) देते हैं और क्षार पानी में घुलने पर हाइड्रॉक्सिल आयन (OH^-) देते हैं।
4. पानी में अम्ल या क्षार डालने पर H^+ या OH^- की संख्या घट-बढ़ सकती है। परन्तु इन दोनों आयनों का गुणनफल एक निश्चित तापमान पर स्थिर रहता है।
5. क्योंकि पानी का आयन गुणनफल हमें मालूम है (25 डिग्री सेल्सियस पर 1.008×10^{-14} मोल आयन प्रति लीटर) इसलिए सिर्फ H+ आयन की मात्रा दर्शाने से OH^- की मात्रा का अन्दाज़ा भी लग जाता है।
6. pH यही दर्शाती है — घोल में H^+ आयनों की मात्रा।
$$pH = -\log [H^+]$$
7. इसलिए pH 7 हो तो घोल उदासीन माना जाता है। 7 से कम होने पर अम्लीय और 7 से ज़्यादा होने पर क्षारीय। घोल अम्लीय हो तो H^+ आयनों की संख्या ज़्यादा होगी और OH^- की कम। घोल क्षारीय हो तो OH^- आयनों की संख्या ज़्यादा होगी, H^+ की कम — इसलिए pH ज़्यादा।
8. यह ध्यान रहे कि अम्लीय घोल में OH^- आयन भी मौजूद होते हैं और क्षारीय में H^+ भी — चाहे इनकी मात्रा कम हो।
9. और अन्त में — सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि किसी घोल की नॉर्मलता और pH में अन्तर होता है। किसी भी घोल की नॉर्मलता और मात्रा/आयतन पता होने से उस घोल में मौजूद अम्ल या क्षार की कुल मात्रा का पता चलता है।
10. परन्तु pH सिर्फ यह बताती है कि उस घोल में अम्ल या क्षार कितने प्रबल हैं या कमज़ोर — कितने H^+ या OH^- आयन उत्पन्न कर रहे हैं। pH से कुल अम्लीयता या क्षारीयता पता नहीं चलती।

❖ ❖

चीज़ों को अलग-अलग करना

रसायन शास्त्र में शुद्ध पदार्थ का महत्व बताने की ज़रूरत नहीं है। कोई भी अध्ययन करना हो, चाहे गुणात्मक या मात्रात्मक, आपको पदार्थ शुद्ध अवस्था में चाहिए। दरअसल तत्व, यौगिक और मिश्रण जैसा वर्गीकरण शुद्धता की बुनियाद पर ही खड़ा है।

शुद्ध पदार्थ पाने के महत्व के मद्देनज़र रसायन शास्त्र में पृथक्करण की विधियों का काफी विकास हुआ है। पृथक्करण की कोई भी विधि इस बात पर टिकी होती है कि पदार्थों के गुणों में अन्तर होते हैं और हमें उन अन्तरों के आधार पर तकनीकों का विकास करना होता है।

इस अध्याय में पृथक्करण की कुछ विधियों का अभ्यास किया जाता है। मगर उससे पहले यह महत्वपूर्ण तथ्य उभारने की कोशिश होती है कि दैनिक जीवन में हमें कई पदार्थों को अलग-अलग करने की ज़रूरत पड़ती है। यह बच्चों के लिए एक उपयोगी प्रयास हो सकता है कि वे यह देखें कि रोज़-ब-रोज़ कितनी बार हमें चीज़ों को अलग-अलग करना पड़ता है और इसके लिए हम कितनी अलग-अलग विधियों का उपयोग करते हैं। जैसे बीनना, निथारना, घोलना, निचोड़ना, परेरना (rolling), रवे बनाना, चलनी अथवा छन्नी से छानना, फटकना वगैरह। साथ ही, अच्छा होगा कि वे यह भी देख पाएँ कि पृथक्करण की किसी भी विधि में हम पदार्थों के किस गुणधर्म में अन्तर का फायदा उठाते हैं। जैसे बीनने के लिए ज़रूरी है कि जिन पदार्थों को अलग-अलग करना है उनके आकार, रंग या आकृति में इतना फर्क हो कि हम देख पाएँ। दरअसल पदार्थों के गुणधर्म में अन्तर को तकनीक का रूप देना ही पृथक्करण की कला है।

आप देखेंगे कि वैज्ञानिक कार्यों और उद्योगों में पृथक्करण की जिन विधियों का उपयोग हम करते हैं वे सबकी सब (एक अपवाद को छोड़कर) दैनिक जीवन से ही उभरी हैं। अध्याय में हम घुलनशीलता, रवे बनाना, आसवन, ऊर्ध्वपातन और क्रोमेटोग्राफी से सम्बन्धित प्रयोग करेंगे।

घुलनशीलता

घुलनशीलता का उपयोग पृथक्करण हेतु करने के लिए ज़रूरी है कि जिन पदार्थों को अलग-अलग करना है उनकी घुलनशीलता में काफी अन्तर हो। चूँकि आम तौर पर हम पानी का ही उपयोग करते हैं, इसलिए पानी में घुलनशीलता एक महत्वपूर्ण गुण हो जाता है। प्रयोगों में घुलनशीलता का उपयोग पृथक्करण हेतु करने के अलावा घुलनशीलता पर तापमान के असर को समझने की भी कोशिश करेंगे।

साधारणतः गरम करने पर पदार्थों की घुलशीलता बढ़ती है मगर इसके कई अपवाद हैं। जैसे सभी गैसों की घुलनशीलता गरम करने पर घटती है। इसके अलावा कुछ ठोस पदार्थ भी हैं जिनकी घुलनशीलता तापमान के साथ बढ़ने की बजाय घटती है (उदाहरण चूना यानी कैल्शियम ऑक्साइड)। घुलनशीलता पर तापमान के असर का उपयोग भी पृथक्करण के मकसद से किया जा सकता है।

आप देखेंगे कि घुलनशीलता को समझने के लिए *बाल वैज्ञानिक* में अलग से एक अध्याय विकसित किया गया था (देखें पृष्ठ 55)। इस अध्याय के प्रयोगों में घुलनशीलता को आंशिक रूप से मात्रात्मक (semi-quantitative) ढंग से समझने की कोशिश हुई है। अर्ध-मात्रात्मक का मतलब है कि छात्र इतना समझ पाएँगे कि गरम करने पर विभिन्न पदार्थों की घुलनशीलता पर अलग-अलग परिमाण में असर होते हैं।

रवे बनाना

दरअसल रवे बनाने की विधि घुलनशीलता पर ही आधारित है। घुलनशीलता सम्बन्धी प्रयोगों से बच्चे देख पाएँगे कि

आम तौर पर ठोस पदार्थों की घुलनशीलता गरम करने पर बढ़ती है। प्रायः यह किया जाता है कि गरम पानी में किसी पदार्थ का संतृप्त घोल बना लिया जाता है। फिर इसे ठण्डा किया जाता है। ज़ाहिर है, ठण्डा करने पर पदार्थ की घुलनशीलता कम होती जाएगी और पदार्थ घोल को छोड़कर निकलने लगेगा। यदि उचित ढंग से किया जाए, तो इस प्रक्रिया में पदार्थ रवों के रूप में प्राप्त हो जाता है।

रवे बनाने की एक और विधि यह है कि पदार्थ का साधारण घोल बना लिया जाए (यानी संतृप्त घोल बनाने की ज़रूरत नहीं है)। इस घोल को रखा रहने देंगे तो पानी वाष्पित होगा। इसके साथ ही घुले हुए पदार्थ के रवे तैयार होने लगेंगे।

रवों का अवलोकन एक रोचक अनुभव होता है। अवलोकन के लिए रवे बनाने के लिए वाष्पन की विधि ज़्यादा उपयोगी होती है। अवलोकन करने के लिए हैंडलैंस या सूक्ष्मदर्शी का इस्तेमाल किया जा सकता है। यह देखने की कोशिश करें कि एक ही पदार्थ के रवे सदा एक ही आकृति के होते हैं। रवे बनने की प्रक्रिया की विशेषता यह है कि जो रवा बनता है वह हमेशा लगभग शुद्ध पदार्थ से बना होता है। इसलिए किसी मिश्रण में से रवे बनाना पृथक्करण की अच्छी विधि है। मगर इसे तभी उपयोग में लाया जाता है जब अशुद्धि की मात्रा अपेक्षाकृत कम हो।

आसवन

आसवन विधि दो प्रक्रियाओं का मिला-जुला रूप है — वाष्पन और संघनन। जब कोई ठोस पदार्थ किसी द्रव (जैसे पानी) में घुला हो तो आसवन विधि पृथक्करण की पसन्दीदा विधि होती है। इस मिश्रण को उबालेंगे तो पानी वाष्पित होगा। यदि आपकी रुचि सिर्फ ठोस पदार्थ को प्राप्त करने में है तो पानी को भाप बनकर उड़ जाने दीजिए। मगर यदि आप पानी भी एकत्रित करना चाहते हैं तो ऐसी व्यवस्था जमाना होगी कि भाप संघनित होकर वापस पानी के रूप में एकत्रित की जा सके। आम तौर पर पानी मुफ्त में मिलता है, इसलिए इसे पुनः प्राप्त करना ज़रूरी नहीं माना जाता। मगर जब पानी की बजाय किसी अन्य विलायक का उपयोग किया जाता है तो उसे पुनः प्राप्त करना ज़रूरी होता है। और यह काम आसवन की मदद से किया जाता है।

इसके अलावा आसवन की आवश्यकता खास तौर से तब पड़ती है जब आप दो परस्पर घुलनशील तरल पदार्थों को अलग-अलग करना चाहते हैं। या किसी तरल पदार्थ को उसमें उपस्थित थोड़ी-सी अशुद्धि से मुक्त करना चाहते हैं। दो तरल पदार्थों को अलग-अलग करते समय इस बात का काफी महत्व होता है कि उनके उबलने के तापमान (क्वथनांक) में पर्याप्त अन्तर हो।

आसवन विधि का उपयोग करने में एक व्यावहारिक कठिनाई आती है। इस विधि में मिश्रण को गरम करना होता है। कभी-कभी गरम करने से पदार्थों में रासायनिक परिवर्तन हो जाते हैं। ऐसी स्थिति में यह कहना मुश्किल हो जाता है कि आपने अन्त में जो शुद्ध पदार्थ प्राप्त किया है वह वही है जो मिश्रण में उपस्थित था। इस समस्या से छुटकारा पाने के लिए इस तथ्य का फायदा उठाया जाता है कि क्वथनांक दाब पर निर्भर करता है। जितना कम दाब होगा, द्रव उतने कम तापमान पर उबलेगा। अतः कम दाब पर आसवन करें तो कम तापमान पर ही काम चल जाता है।

यहाँ एक बात की ओर ध्यान दिलाया जा सकता है। जैसा कि ऊपर कहा गया, आसवन दरअसल दो प्रक्रियाओं के एक साथ उपयोग की विधि है — वाष्पन और संघनन। यह पदार्थों में अवस्था परिवर्तन का मामला है। अवस्था परिवर्तन की समझ पदार्थों की प्रकृति को समझने में काफी मददगार रही है। आप देखेंगे कि अध्याय में आसवन सम्बन्धी प्रयोग को अवस्था परिवर्तन से जोड़कर ही प्रस्तुत किया गया है। प्रयोग 4 व 5 करते हुए बच्चों से कई सवाल पूछे गए हैं जो उनका ध्यान अवस्था परिवर्तन की प्रक्रिया की ओर आकृष्ट करेंगे। आप चाहें तो यहाँ वर्षा चक्र की चर्चा भी हो सकती है।

ऊर्ध्वपातन

दरअसल ऊर्ध्वपातन आसवन का ही एक प्रकार है। जब कोई द्रव उबलता है तो उसे उबलना कहते हैं मगर यदि कोई ठोस पदार्थ उबलने लगे तो उस प्रक्रिया को ऊर्ध्वपातन कहते हैं। इस अर्थ में ऊर्ध्वपातन भी अवस्था परिवर्तन ही है। इसको हम यों भी कह सकते हैं कि जब कोई ठोस बगैर द्रव में बदले सीधे वाष्प में बदल जाए, तो यह क्रिया ऊर्ध्वपातन है। मगर इस परिभाषा में थोड़ी दिक्कत है। इस परिभाषा के मुताबिक सारे ठोस पदार्थों में यह गुण पाया जाएगा (देखें पठन सामग्री 'ऊर्ध्वपातन')।

वैसे यह प्रक्रिया रोचक है मगर इसका उपयोग पृथक्करण के व्यावहारिक काम में बहुत कम होता है।

एक स्पष्टीकरण — आम तौर पर ऊर्ध्वपातन के उदाहरण के रूप में कपूर का नाम लिया जाता है। यह सही नहीं है। कपूर को गरम करके देखें, वह अच्छी तरह पिघलता है। यह भी माना जाता है कि नेफ्थलीन की गोलियाँ भी ऊर्ध्वपातन का गुण दर्शाती हैं। यह कहना ठीक नहीं है। नेफ्थलीन भी पिघलकर द्रव बन जाता है। यह सही है कि रखे-रखे नेफ्थलीन और कपूर गायब (काफूर हो जाना शब्द यही दर्शाता है) हो जाएँगे मगर इस आधार पर यह नहीं कहा जा सकता कि इनमें ऊर्ध्वपातन होता है।

क्रोमेटोग्राफी

जैसा कि पहले ही कहा गया था क्रोमेटोग्राफी एक ऐसी विधि है जो दैनिक जीवन से नहीं उभरी है, और न ही इसका कोई उपयोग दैनिक जीवन में दिखता है। इस विधि के बारे में अतिरिक्त जानकारी आगे एक आलेख के रूप में दी गई है।

अध्याय में प्रयोग व अभ्यास के लिए बहुत ही सरल तरीके और आसानी से उपलब्ध सामग्री की मदद से यह विधि करने का तरीका बताया गया है। बच्चों के लिए यह जानना रोचक होगा कि स्याही में एक नहीं कई रंगों का मिश्रण होता है। वैसे इसे और रोचक बनाने के लिए लाल पत्तों के रस की क्रोमेटोग्राफी करके देखिए। दो-चार लाल पत्ते लेकर उन्हें पानी में मसल लीजिए। पानी लाल हो जाएगा। इस लाल पानी की एक बूँद फिल्टर पेपर पर लगाकर क्रोमेटोग्राफी कीजिए। आप देखेंगे कि... खैर, वह तो आप देख ही लेंगे। शायद इस प्रयोग से इस सवाल का उत्तर जानने में मदद मिलेगी कि लाल पत्तों वाली वनस्पतियाँ प्रकाश संश्लेषण की क्रिया कैसे करती हैं।

अन्य विधियाँ

आजकल प्रयोगशालाओं में पृथक्करण की एक विधि का उपयोग बहुतायत से होता है — अपकेन्द्रण यानी सेंट्रीफ्यूज। यह विधि दैनिक जीवन में तो सम्भवतः सदियों से इस्तेमाल की जा रही है। खास तौर से मक्खन निकालने में इसका खूब उपयोग होता है। इसे एक वैज्ञानिक विधि के रूप में बीसवीं सदी के शुरुआती वर्षों में अपनाया गया था। खास तौर से कोशिका के विभिन्न उपांगों (organelles) को अलग-अलग करने में यह विधि बहुत उपयोगी साबित हुई। इसके अलावा कई तत्वों के समस्थानिकों (आइसोटोप्स) को अलग-अलग करने में भी इसका उपयोग किया गया है। आजकल जिनेटिक इंजीनियरिंग के ज़माने में यह काफी लोकप्रिय साबित हुई है। वैसे यहाँ इस विधि से सम्बन्धित कोई प्रयोग नहीं दिया गया है।

पृथक्करण की कला

यहाँ प्रस्तुत प्रयोगों से बच्चों को पृथक्करण की विभिन्न विधियों का प्रायोगिक परिचय मिलेगा। यदि आप चाहें तो उन्हें कुछ मिश्रण देकर कह सकते हैं कि उनमें से विभिन्न पदार्थों को अलग-अलग करें। जैसे नमक, नौसादर और रेत का मिश्रण एक अच्छा अभ्यास हो सकता है। इसमें उन्हें यह तो तय करना ही होगा कि किन विधियों का उपयोग करें, साथ ही यह भी तय करना होगा कि इन विधियों का उपयोग किस क्रम में करें। दरअसल उपलब्ध विधियों में से सही विधि चुनना और उन्हें करीने से सही क्रम में सम्पादित करके पदार्थों को प्राप्त करना सिर्फ तकनीक का नहीं, कला का भी मामला है।

रासायनिक तहज़ीब

यह अध्याय व इसके प्रयोग रासायनिक कौशल विकसित करने का एक अच्छा अवसर प्रदान करते हैं। घोलना, निथारना, छानना, गरम करना, आसवन करना, क्रोमेटोग्राफी वगैरह सब में रासायनिक हुनर सीखने व आज़माने के मौके हैं। ये प्रयोग करते हुए शिक्षक बच्चों का ध्यान कई बातों की ओर दिला सकते हैं।

❖ ❖