चीज़ों को अलग-अलग करना*

(पृथक्करण)

खिचड़ी बनाने के लिए दाल, चावल, नमक, मिर्च वगैरह को मिलाते हैं। यानी खिचड़ी एक मिश्रण है। रोज़ अपन ऐसे कई मिश्रणों का उपयोग करते हैं।

नीचे कुछ वस्तुओं के नाम दिए हैं। बताओ ये वस्तुएँ किन-किन पदार्थ के मेल से बनी हैं। (1)

(क) चाय

(ख) किवाड़

(ग) बेसन के लड्डू

(घ) पक्की सड़क

गेहूँ का आटा, चाय, सब्ज़ी, ईंट, गारा सभी तो मिश्रण हैं। इनका उपयोग हम मिश्रण के रूप में ही करते हैं। परन्तु कभी-कभी हमें मिश्रण में से कोई चीज़ अलग भी करनी पड़ती है। जैसे बाज़ार से गेहूँ या चावल लाएँ तो उनमें कंकड़ मिले रहते हैं। इन कंकड़ों को बीनकर अलग करना पड़ता है।

हमें कैसे मालूम पड़ जाता है कि कंकड़ कौन-से हैं और गेहूँ कौन-से? कंकड़ एकदम अलग दिखें तो फटाफट बीने जा सकते हैं। चावल में कई बार ऐसे कंकड़ मिले होते हैं जिसका रंग और आकार लगभग चावल जैसा होता है। तब हमें बीनने में ज़्यादा ध्यान रखना पड़ता है। यदि गेहूँ या चावल को ठीक से न बीना जाए तो क्या होता है?

इसी प्रकार से रोज़ हम न जाने कितने पदार्थों को अलग-अलग करते हैं। पदार्थों को अलग-अलग करने के कितने तरीके हमें पता हैं? हर टोली को एक तरीके का नाम बताना है। यह भी बताना होगा कि उस तरीके में हम चीज़ों को अलग-अलग करने के लिए किस बात का सहारा लेते हैं। जैसे गेहूँ में से कंकड़ अलग करने के लिए हम उनके रंग और आकार में अन्तर का फायदा उठाते हैं।

आगे एक तालिका दी गई है। यह तालिका अपनी कॉपी में बना लो। हर टोली एक तरीका बताए। पूरी कक्षा बातचीत कर ले कि वह तरीका सही है या नहीं। सहमति होने पर उसे इस तालिका में लिख लो। (1)

प्रश्न 1 को हल करते हुए बच्चों से चर्चा हो सकती है कि इनमें से प्रत्येक चीज़ में अवयव अलग-अलग हो सकते हैं, और उनके अनुपात भी अलग-अलग हो सकते हैं। जैसे लड्डू में शक्कर की मात्रा बहुत अलग-अलग हो सकती है, जबकि कभी-कभी लड्डू में मेवे भी हो सकते हैं। यह मिश्रणों की विशेषता है जो उन्हें यौगिकों से अलग करती है। फिलहाल यह बात बहुत महत्वपूर्ण नहीं है मगर आगे जब कभी वे यौगिकों के बारे में पढ़ेंगे तो यह अन्तर महत्वपूर्ण हो जाएगा।

---

* *बाल वैज्ञानिक कक्षा 6, 1978 और बाल वैज्ञानिक कक्षा 6, 2000*

तालिका 1

क्र.	तरीके का नाम	उदाहरण	किस गुण का सहारा
1.	बीनना	गेहूँ में से कंकड़ अलग करने में	रंग और आकार में अन्तर

दैनिक जीवन में पृथक्करण की इतनी विधियों का उपयोग होता है कि शायद आप भी दाँतों तले उँगली दबा लेंगे। बच्चों को बताने दीजिए।

ऊपर की तालिका में चीज़ों को अलग-अलग करने की तुम्हारे द्वारा बताई गई कई विधियाँ हैं। इनमें से एक विधि का अभ्यास हम प्रयोग करके करेंगे। उसके बाद हम कुछ नई विधियाँ भी सीखेंगे। तो अब आगे बढ़ें?

रेत में से नमक

यदि रेत में नमक मिल गया हो, तो क्या तुम रेत और नमक अलग-अलग कर सकोगे?

अलग-अलग करने के लिए हमें इनके एक खास गुण का फायदा उठाना पड़ेगा। आओ उस गुण को समझने की कोशिश करते हैं।

वास्तव में कई चीज़ें तरल पदार्थ में घुलती नहीं बल्कि उनके कण तरल पदार्थ में टँग जाते हैं (निलम्बित रहते हैं)। ये सच्चे घोल नहीं हैं। इन्हें निलम्बन या सस्पेंशन कहते हैं।

यदि रेत और नमक को पानी में डालें, तो क्या दोनों घुल जाएँगे? कौन-सा घुलेगा और कौन-सा नहीं घुलेगा? (2)

कुछ चीज़ें पानी में घुल जाती हैं और कुछ नहीं घुलतीं। जो चीज़ें पानी में घुल जाती हैं उन्हें **घुलनशील** कहते हैं और जो नहीं घुलतीं उन्हें **अघुलनशील** कहते हैं। जैसे नमक घुलनशील है और रेत अघुलनशील।

नीचे लिखे पदार्थों में से घुलनशील व अघुलनशील पदार्थ छाँटोः

शक्कर, चॉक, नमक, मिट्टी, हल्दी

छाँटने से पहले एक बात पर ध्यान दो। पदार्थ को घुलनशील हम तभी कहते हैं जब वह घोल में मिले तो घोल पारदर्शी हो यानी उसमें से आर-पार दिखता हो। यदि पानी में कोई चीज़ डालकर हिलाने पर जो मिश्रण बने उसमें आर-पार न दिखता हो और उस पदार्थ के कण भी दिखते हों, तो वह घोल नहीं कहा जाता। ऐसी चीज़ों को हम घुलनशील नहीं कहेंगे।

क्या घुलनशीलता के गुण का फायदा उठाकर नमक और रेत को अलग-अलग कर सकते हो? यदि हाँ, तो लिखो कि कैसे। (3)

नमक और रेत अलग-अलग करें: प्रयोग 1

इस प्रयोग के लिए तुम्हें दो परखनली, एक परखनली स्टैंड, कीप, पानी, छन्ना कागज़ तथा काँच की छड़ की ज़रूरत होगी।

एक परखनली में रेत और नमक का मिश्रण डालो। प्रयोग के लिए बस आधा चम्मच मिश्रण लेना ठीक रहेगा। ऊपर से पानी डालकर परखनली को एक-तिहाई भर लो। पानी डालने के बाद इसे अच्छी तरह हिलाकर परखनली स्टैंड पर रख दो।

> *तुम्हारा मन तो करेगा कि परखनली के मुँह पर अँगूठा रखकर हिलाएँ पर रुको... गड़बड़ करने से पहले शिक्षक से सलाह करो।*

घोल को हिलाने का सही तरीका गुरुजी से सीखो।

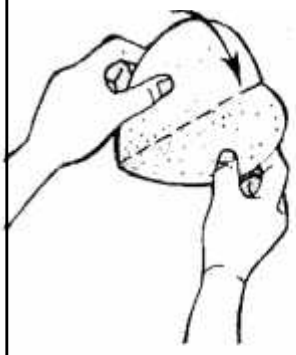
थोड़ी देर बाद देखकर बताओ कि रेत कहाँ है और नमक कहाँ है।

अब इसमें से नमक के घोल और रेत को अलग-अलग करने का एक तरीका तो निथारने का है। निथारने से ऊपर-ऊपर से नमक का घोल अलग हो जाएगा और नीचे रेत बच जाएगी। मगर निथारने की बजाय छानना ज़्यादा अच्छा रहता है।

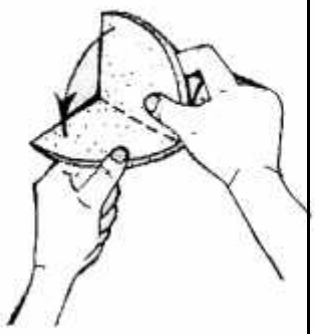
घर पर चाय वगैरह छानने के लिए तो छन्नी या कपड़े का उपयोग हम करते ही हैं। अपन यहाँ कागज़ की छन्नी बनाकर उपयोग करेंगे। छन्नी बनाने का तरीका चित्र में देखो।

इस छन्नी को कीप में लगा लो। पहले परखनली में रखे रेत, नमक और पानी के मिश्रण को कीप में रखे छन्ना कागज़ पर डालो। मगर यदि घोल को छन्ना कागज़ पर बहुत ऊपर से डाला जाए, तो कागज़ के फटने का डर रहता है और घोल छिटककर बाहर गिर भी सकता है। इसलिए घोल को सीधा उड़ेलने की बजाय एक काँच की छड़ के सहारे डाला जाता है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

कागज़ की छन्नी



1. गोल छन्ना कागज़ को बीच से मोड़कर दोहरा कर लो।



2. दिखाए अनुसार एक बार और मोड़ लो।

3. अब इसे इस तरह खोलो कि तीन तहें एक तरफ रहें और एक दूसरी तरफ।

4. इसे एक कीप में लगा लो। कीप में यह छन्ना कागज़ अच्छी तरह सट जाना चाहिए। यदि नहीं सट रहा है, तो शिक्षक से मदद लो। कीप को एक खाली परखनली में रख दो। कीप में छन्ना कागज़ पर थोड़ा पानी डालो ताकि वह गीला हो जाए। यही है हमारी कागज़ की छन्नी। अब छानने के लिए तैयार हो जाओ।

कक्षा 6, 2000, पृ 120

बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 120

तो चित्र के अनुसार काँच की छड़ के सहारे धीरे-धीरे घोल को कीप में डालो। सारा घोल एक साथ न डाल देना। एक बार में इतना घोल डालना कि छन्ना कागज़ में थोड़ी जगह बची रहे। अब छनने का इन्तज़ार करो। जब पूरा छन जाए, तब देखो कि

क्या पहली परखनली में कुछ रेत बची रह गई है। यदि हाँ, तो परखनली को थोड़े से पानी से धोकर यह पानी भी छन्ना कागज़ में डाल दो।

छन्ना कागज़ में से छनकर नीचे परखनली में क्या इकट्ठा हो रहा है? और रेत कहाँ बच रही है?

नमक व पानी के घोल में से नमक कैसे प्राप्त करोगे? कोई तरीका सोचकर बताओ। (4)

घुलनशीलता को और समझें

यदि हम पदार्थों की पानी में घुलनशीलता के गुण को थोड़ा और समझ लें तो इस विधि का और अच्छे से उपयोग कर सकते हैं।

जैसे नीचे के प्रयोग में हम देखेंगे कि घुलनशीलता पर गर्मी का क्या असर होता है।

प्रयोग 2

बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 121

इस प्रयोग के लिए तुम्हें एक उफननली (Boiling tube), एक परखनली पकड़ (होल्डर), मोमबत्ती तथा एक परखनली स्टैंड की ज़रूरत पड़ेगी। साथ में एक चम्मच भी रखो।

शिक्षक तुम्हें चार पदार्थ देंगे:

- नमक
- बेंज़ोइक अम्ल
- नौसादर
- कैल्शियम कार्बोनेट

.... 2 जैसी तालिका बना लो।

अब एक-एक पदार्थ से प्रयोग करते जाओ और अवलोकन तालिका 2 में भरते जाओ। (5)

उफननली में करीब एक चौथाई चम्मच कोई एक पदार्थ डालो।

तालिका 2

क्र.	पदार्थ	ठण्डे पानी में घुला?	गरम पानी में घुला?	गरम पानी के ठण्डा होने पर क्या हुआ?
1.	नमक			
2.	बेंज़ोइक अम्ल			
3.	नौसादर			
4.	कैल्शियम कार्बोनेट			

पदार्थ को बोतल में से कैसे निकालोगे? क्या कागज़ से?
फिर किट में दिए चम्मचों का क्या होगा?

उफननली में एक-चौथाई ऊँचाई तक पानी डालो और अच्छी तरह हिलाओ।

यदि पदार्थ ठण्डे पानी में घुल जाए तो तालिका के पहले कॉलम में 'हाँ' लिखो और न घुले तो लिखो 'नहीं'।

यदि पदार्थ ठण्डे पानी में न घुले, तो उफननली को मोमबत्ती पर गरम करो। गरम करने के लिए उफननली को होल्डर में फँसाकर पकड़ो। गरम करते समय उफननली को थोड़ा तिरछा पकड़ते हैं तथा उसका मुँह ऐसे रखते हैं कि किसी व्यक्ति की तरफ न रहे। उफननली को धीरे-धीरे हिलाते हुए गरम करो।

क्या पदार्थ गरम पानी में घुल गया? यदि पदार्थ गरम पानी में घुल जाए तो दूसरे कॉलम में 'हाँ' लिखो, वरना लिखो 'नहीं'।

यदि पदार्थ गरम पानी में घुल गया हो तो घोल को ठण्डा करने के लिए परखनली स्टैंड में रख दो। जब घोल ठण्डा हो जाए तो देखो कि क्या ठण्डा होने पर उफननली में कोई पदार्थ दिखने लगता है?

अपने अवलोकन तालिका में लिखो।

एक पदार्थ से प्रयोग करने के बाद उफननली अच्छी तरह साफ करके अगला पदार्थ लो। बारी-बारी से यह प्रयोग चारों पदार्थों के साथ दोहराओ।

अपने अवलोकन तालिका में लिखना न भूलना।

- ध्यान दें कि पदार्थ को गरम पानी में घोलने की कोशिश तभी करनी है, जब वह ठण्डे पानी में न घुले।
- मोमबत्ती पर गरम करने में दिक्कत यह आती है कि उफननली काली पड़ जाती है, जिसे कागज़ से साफ करते रहने पड़ता है। यदि आपके पास स्पिरिट लैम्प या नीली लौ वाला स्टोव हो, तो उसका उपयोग करें।

ठण्डे व गरम पानी में घुलनशीलता के आधार पर बताओ कि नीचे लिखे मिश्रण में से पदार्थों को कैसे अलग-अलग करोगे?

नमक, बैंज़ोइक अम्ल व कैल्शियम कार्बोनेट। (6)

क्या ठण्डे व गरम पानी में घुलनशीलता के आधार पर नमक, नौसादर व कैल्शियम कार्बोनेट के मिश्रण को अलग-अलग कर सकोगे? (7)

ऊपर के प्रयोग में हमने देखा कि पानी में पदार्थों की घुलनशीलता अलग-अलग होती है। हमने घुलनशीलता पर गर्मी के प्रभाव का भी अध्ययन किया।

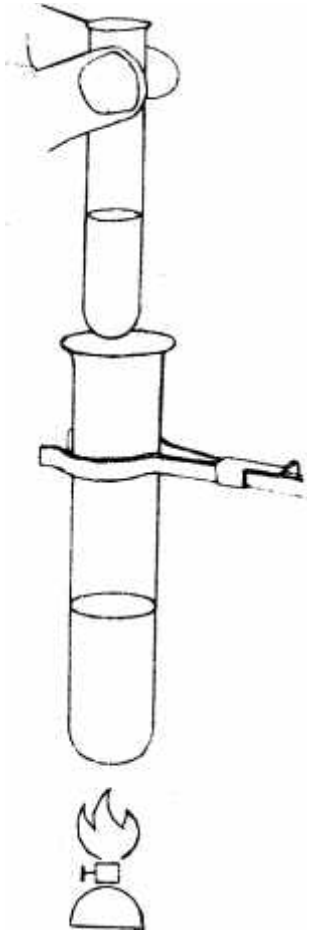
ये गुणधर्म वैज्ञानिकों के प्रयोगों में तो काम आते ही हैं, हम रोज़ भी इनका उपयोग करते हैं। जैसे पानी में कचरा हो, तो हम इसे कपड़े से छान लेते हैं।

क्या तुम इस तरह छानने की विधि के इस्तेमाल के दो उदाहरण बता सकते हो? (8)

- प्रश्न 6 व 7 में छात्रों को तालिका 2 की जानकारी का विश्लेषण करना होगा।
- प्रश्न 6 के मामले में उन्हें यह भी तय करना होगा कि मिश्रण में से पदार्थों को किस क्रम में अलग करें।

आपस में चर्चा कर उत्तर दो

प्रयोग 2 में तुमने जो नमक का घोल बनाया था, उसमें से क्या नमक फिर से प्राप्त किया जा सकता है? यदि हाँ, तो कैसे? (9)



बा.वै. कक्षा 7, 1988, पृ 11

क्या तुम इसी घोल में से पानी भी अलग करके इकट्ठा कर सकते हो? यदि हाँ, तो कैसे? (10)

पृथक्करण का एक और ढंग

प्रयोग 4

एक उफननली में एक-तिहाई पानी भरो और उसे पानी उबलने तक मोमबत्ती पर गरम करो। गरम होते समय उफननली में जो भी क्रियाएँ होती हैं, उनको गौर से देखो।

क्या उफननली के मुँह से कुछ निकलता दिखाई पड़ रहा है? (11)

क्या तुम बता सकते हो कि यह क्या है? (12)

क्या उफननली के ऊपरी भाग में कुछ दिखाई पड़ता है? (13)

एक परखनली में ठण्डा पानी भरो और उसे उफननली के मुँह के ऊपर रखो।

क्या परखनली की बाहरी सतह पर कुछ दिखाई पड़ता है? (14)

इस परखनली को खाली करके इसमें उबलता पानी भरो और फिर से उफननली के मुँह के ऊपर रखो।

क्या इस बार भी तुमने परखनली की बाहरी सतह पर वही क्रिया देखी जो पिछली बार देखी थी? (15)

अब बताओ कि क्या होगा जब पानी की भाप को

(क) ठण्डा होने दिया जाए?

(ख) गरम ही रखा जाए? (16)

आओ, अब एक ऐसा उपकरण बनाएँ जिससे नमकीन पानी में से पानी अलग करके इकट्ठा किया जा सके।

प्रयोग 5

एक उफननली लो और इस पर कसकर बैठ जाने वाला रबर का एक-छेदी कॉर्क चुनो। इस कॉर्क के छेद में से एक काँच की नली पिरोओ *(सावधान — ऐसा करने का सही तरीका शिक्षक से सीखो)*। काँच की नली पर एक रबर की नली चढ़ाओ। उफननली में एक-तिहाई पानी भरो और काँच की नली वाले एक-छेदी कॉर्क से चित्र में दिखाए अनुसार इसे कसकर बन्द करो। रबर की नली को एक परखनली में डाल दो। परखनली को एक विद्यार्थी पानी से भरे बीकर में सीधा खड़ा रखे। उफननली को होल्डर की मदद से मोमबत्ती पर गरम करो।

उफननली और परखनली दोनों में हो रही क्रियाओं को गौर से देखो और नीचे लिखे प्रश्नों के उत्तर दो।

परखनली में क्या परिवर्तन हो रहा है? (17)

बीकर के पानी में उँगली डालकर बताओ कि क्या इसके तापमान में कोई अन्तर आया है। यदि हाँ, तो क्यों? (18)

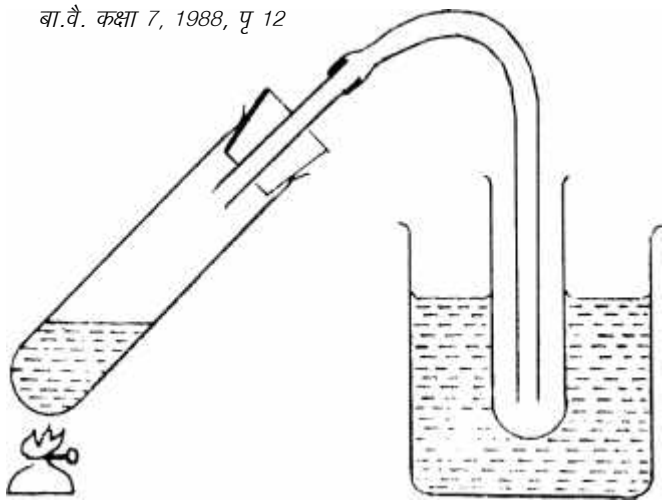
प्रश्न 10-11 की शृंखला वाष्पन व संघनन को समझने की दृष्टि से बहुत महत्व रखती है।

कॉर्क में काँच की नली लगाते समय बहुत सावधानी की ज़रूरत है, नहीं तो इसके टूट जाने का डर है। इसका सही तरीका यह है कि नली को कॉर्क के पास से पकड़ा जाए और धीरे-धीरे घुमाकर छेद में पिरोया जाए। ज़रूरी हो तो नली को गीला कर लें।

प्रयोग 4 के आधार पर सोचकर बताओ कि हम क्या करें कि भाप बिना पानी में बदले परखनली से बाहर निकल जाए? (19)

यदि इस प्रयोग के चलते हुए, उफननली में पानी रहते हुए भी परखनली में पानी इकट्ठा होना बन्द हो जाए तो हम क्या करें जिससे ऐसा न हो? (20)

बा.वै. कक्षा 7, 1988, पृ 12



सावधानीः जब इस प्रयोग को बन्द करना हो, तो उफननली को चिमनी पर से हटाने के पहले रबर की नली को परखनली में से निकाल लेना पड़ता है, अन्यथा परखनली में एकत्रित पानी पलटकर उफननली में आकर खतरा पैदा कर सकता है। आप ही सोचिए ऐसा क्यों होगा।

प्रयोग 6

एक उफननली में लगभग एक-तिहाई पानी भरकर उसमें कुछ बूँदें नीली स्याही की डालो ताकि पानी का रंग गाढ़ा नीला हो जाए। इससे अब प्रयोग 5 को दोहराओ।

परखनली में किस रंग का पानी इकट्ठा हो रहा है? (21)

उफननली को साफ करो और उसमें थोड़ा नमकीन पानी डालो। अब इस प्रयोग को फिर करो।

परखनली में इकट्ठे हो रहे पानी का स्वाद कैसा है? (22)

क्या अब तुम्हें लगता है कि नमक घुले पानी में से पानी को अलग करके इकट्ठा कर सकते हैं? (23)

कभी-कभी पानी को उबालने पर स्याही का रंग उड़ जाता है। इसलिए पहले करके देख लें कि रंग पक्का है।

जिस विधि से तुमने घोल में से पानी अलग किया है उसे **आसवन** कहते हैं।

इस विधि का उपयोग कहाँ होता है? शिक्षक से चर्चा करके अपने शब्दों में लिखो। (24)

- आसवन विधि का उपयोग दैनिक जीवन में बहुत कम होता है। हाँ, वाष्पन का उपयोग कई जगह करते हैं।
- यदि बच्चे शराब भट्टी का उदाहरण दें, तो उनसे कहें कि वे उसकी क्रियाविधि भी समझाएँ। दरअसल हम किसी पदार्थ को तभी वापस प्राप्त करना चाहेंगे जब वह कीमती या दुर्लभ हो। पानी आम तौर पर निःशुल्क उपलब्ध रहता है इसलिए उसे इकट्ठा करके पुनः उपयोग करने में किसी की रुचि नहीं रहती।
- एक बड़े पैमाने पर वर्षा चक्र आसवन का ही उदाहरण है।

प्रयोग 7

बताओ, निम्नलिखित ठोस पदार्थ को गरम करने पर क्या होता हैः

1. मोम	**2. घी**	**3. मक्खन**	**4. बर्फ**
5. टाटरी	**6. नेफ्थलीन**	**7. गन्धक**	

इनमें से जिन पदार्थों को तुमने कभी गरम करके नहीं देखा है, उनको स्वयं एक उफननली में गरम करके देखो और अपनी उत्तर तालिका में लिखो। (25)

कुछ ठोस पदार्थों का विशेष गुणः ऊर्ध्वपातन

प्रयोग 8

एक उफननली में चम्मच से ज़रा-सा (चुटकी भर) नौसादर लो। उफननली का मुँह रुई से बन्द कर दो और उसको चिमनी पर गरम करो। उफननली में जो कुछ भी हो रहा है उसे ध्यान से देखो।

प्रयोग 8 में उफननली काली हो जाए तो दिक्कत है क्योंकि देखना यह है कि नौसादर पिघला या नहीं। या तो स्पिरिट लैम्प का उपयोग करें या नीली लौ वाले स्टोव का। वैसे किसी कटोरी में गरम करके भी देखा जा सकता है।

क्या उफननली में कोई सफेद-सी वाष्प बन रही है? (29)

यदि हाँ, तो इसके बनने के पहले क्या अन्य पदार्थों के समान नौसादर भी द्रव बनता है? (30)

रुई हटा देने से क्या होता है? (31)

परखनली के ऊपरी भाग में क्या कोई ठोस पदार्थ जमा हो रहा है? (32)

जब कोई ठोस पदार्थ बिना द्रव में बदले वाष्प में बदल जाता है तो इस क्रिया को **ऊर्ध्वपातन** कहते हैं।

कपूर के बारे में सोचा जाता है कि उसमें ऊर्ध्वपातन का गुण होता है। इस बात की जाँच करके देखो कि क्या कपूर भी वाष्प बनने से पहले द्रव में नहीं बदलता। (33)

नमक और नौसादर के मिश्रण में से नौसादर को कैसे अलग करोगे? (34)

एक ज़रूरी नियम

प्रयोग में काम आ रही चीज़ों को चखना मना है। हो सकता है कोई पदार्थ तुम्हें नुकसान पहुँचा दे।

एक अनूठा तरीका: क्रोमेटोग्राफी

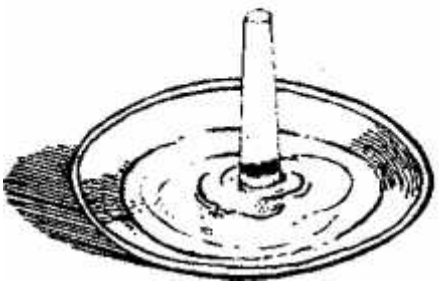
चीज़ों को अलग-अलग करने के इस तरीके का नाम तुमने शायद ही कभी सुना हो। मगर क्रोमेटोग्राफी का तरीका है बहुत मज़ेदार।

इसके बारे में कुछ कहने-सुनने की ज़रूरत नहीं है। बस, इसे करके देखो। मज़ा आ जाएगा।

चॉक से क्रोमेटोग्राफी: प्रयोग 9

एक चॉक के मोटे सिरे से 1 से.मी. छोड़कर काली स्याही का एक छल्ला-सा बनाना है। इसके लिए माचिस की तीली या रिफिल की नोक को स्याही में डुबोकर चित्र में दिखाए अनुसार चॉक पर छुआओ। धीरे-धीरे करके चॉक की गोलाई के चारों तरफ छुआकर छल्ला बना लो। छल्ला जितना पतला और हल्का बने उतना अच्छा। यदि चॉक समान मोटाई वाला हो तो उसके चपटे सिरे की ओर से स्याही का छल्ला बनाना होगा।

अब एक तश्तरी या किसी डिब्बे के ढक्कन में थोड़ा पानी डालो। ध्यान रखना कि पानी आधा से.मी. से ज़्यादा न हो। चॉक को इस पानी में सीधा खड़ा कर दो। चॉक पर लगी स्याही नीचे की ओर रहेगी पर पानी में नहीं डूबनी चाहिए। अब इन्तज़ार करो और देखो कि चॉक की सफेदी पर क्या गुल खिलने लगे हैं।



क्या पानी चॉक पर चढ़ रहा है?

और क्या-क्या हो रहा है?

पानी चॉक के ऊपरी छोर तक पहुँचने से पहले ही चॉक को पानी में से हटा लो।

अपनी कॉपी में चित्र बनाकर दिखाओ कि चॉक पर नीचे से ऊपर तक कितने व कौन-कौन से रंग दिख रहे हैं? (35)

ये रंग कहाँ से आए? (36)

बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 123

छन्ना कागज़ से क्रोमेटोग्राफी: प्रयोग 10

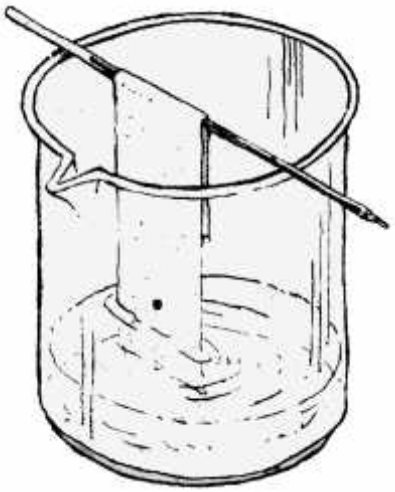
जिस छन्ना कागज़ से हमने छानने का काम किया था उससे क्रोमेटोग्राफी भी हो सकती है। आओ करके देखें।

एक बीकर और रिफिल लो। बीकर में लगभग 1 से.मी. ऊँचाई तक पानी भर लो। अब छन्ना कागज़ की लगभग 4 से.मी. चौड़ी व 12 से.मी. लम्बी एक पट्टी काट लो। इसके एक सिरे पर करीब 2 से.मी. छोड़कर आलपिन की नोक से काली स्याही की एक छोटी-सी बूँद लगा दो। अब कागज़ के दूसरे सिरे को मोड़कर रिफिल पर टिका दो और बीकर में लटका दो। कागज़ का वह सिरा जिस पर स्याही की बूँद लगी है पानी में डूब जाना चाहिए। मगर ध्यान रखना कि स्याही की बूँद पानी में न डूबे। कागज़ की पट्टी बीकर से छूनी भी नहीं चाहिए।

अब एक बार फिर ज़रा इन्तज़ार कर लो। जब पानी छन्ना कागज़ की पट्टी पर चढ़ता हुआ रिफिल तक पहुँचने लगे तो पट्टी को निकालकर सुखा लो।

पट्टी पर कितने रंग हैं? कौन-से हैं? नीचे से ऊपर तक किस क्रम में हैं? अपनी कॉपी में चित्र बनाकर दिखाओ। चॉक और कागज़ पर दिख रहे रंगों और उनके क्रम की तुलना करो। (37)

चॉक और सोख्ता कागज़ पर क्रोमेटोग्राफी करने में कभी-कभी रंगों का क्रम बदल जाता है। घबराने की कोई बात नहीं। यह कोई अनहोनी बात नहीं है।



बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 124

एक और मज़ेदार प्रयोग

कितने मज़े की बात है। स्याही का रंग तो एक ही दिखता है पर उसमें कितने रंग छिपे हैं। अब एक स्याही की सच्चाई तो पता लग ही गई। और स्याहियों में छिपे रंग देखने की इच्छा नहीं है? तो देर कैसी? क्रोमेटोग्राफी से पता कर लो कि अलग-अलग रंग की स्याहियों में कौन-कौन से रंग मिले हैं।

यदि हम इन रंगों को अलग-अलग प्राप्त करना चाहें तो चॉक के अलग-अलग रंग वाले टुकड़े तोड़ लेंगे। इन टुकड़ों को अलग-अलग चूरा करके परखनली में डाल देंगे और ऊपर से थोड़ा पानी डाल देंगे। अलग-अलग रंग अलग-अलग परखनलियों में आ जाएँगे। चाहो तो करके देखो।

क्या अलग-अलग कम्पनी की काली स्याहियों में एक जैसे रंग मिले होते हैं या अलग-अलग रंग होते हैं? कई कम्पनियों की काली स्याही लेकर क्रोमेटोग्राफी से उनकी तुलना तो करके देखो।

क्या सभी कम्पनियों की काली स्याही एक जैसे रंगों से बनी है? (38)

क्रोमेटोग्राफी पदार्थों को अलग-अलग करने की एक बहुत उपयोगी विधि है। पदार्थ को अलग-अलग करने में इस तरीके की बराबरी करना मुश्किल है। पहली बात तो यह है कि इस तरीके का उपयोग तब भी किया जा सकता है जब मिश्रण बहुत कम मात्रा में हो। जैसे स्याही के रंगों को अलग-अलग करने के लिए तुम्हें बस एक बूँद स्याही लगी।

पौधों से दवाई अलग करना

इस विधि का उपयोग करके पेड़-पौधों में पाई जाने वाली दवाइयों को अलग-अलग

कर सकते हैं। जैसे तुलसी, नीम, चिरायता आदि ऐसे कई पेड़-पौधे हैं जिनमें दवाइयाँ होती हैं। पहले इनका काढ़ा बना लेते हैं। फिर उस काढ़े की क्रोमेटोग्राफी करते हैं। क्रोमेटोग्राफी करने से काढ़े में उपस्थित पदार्थ अलग-अलग हो जाते हैं। और भी कई उपयोग होते हैं क्रोमेटोग्राफी के। फूल के रंग में उपस्थित पदार्थों की जाँच करने के लिए, किसी चीज़ में मिलावट की जाँच करने के लिए, ऐसे कई कामों में इसका खूब उपयोग होता है।

पदार्थों को अलग-अलग करना हमारे रोज़ के जीवन में भी ज़रूरी है और विज्ञान के काम में भी। इस अध्याय में तुमने पदार्थों को अलग-अलग करने की विधियाँ सीखीं। पदार्थ के गुणधर्मों में अन्तर का फायदा उठाकर ही ये विधियाँ बनाई जाती हैं।

अभ्यास के प्रश्न

1. क्या नीचे लिखे मिश्रणों में मिले पदार्थों को घुलनशीलता की विधि से अलग-अलग कर सकोगे?

   (क) दूध और पानी (ख) शक्कर और नमक

   (ग) रेत और शक्कर (घ) चॉक का चूरा और रेत

   अपने उत्तर का कारण बताओ।

2. सोचकर बताओ और करोः

   जेतराम ने देखा कि लालटेन की बत्ती पर मिट्टी का तेल चढ़ता है। उसने यह भी देखा था कि दीये की बत्ती पर भी तेल चढ़ता है। उसने सोचा कि क्यों न इस पर क्रोमेटोग्राफी करके देखी जाए। उसने एक नई बत्ती लेकर उसके एक सिरे से थोड़ा ऊपर स्याही की एक बूँद लगा दी और बत्ती को मिट्टी के तेल में ठीक उसी तरह डुबाया जैसे क्रोमेटोग्राफी में तुमने किया था।

   तुम्हारा क्या विचार है? क्या जेतराम का प्रयोग सफल होगा? तुम भी करके देखो।

3. क्या तुम लकड़ी के बुरादे और रेत को घुलनशीलता की विधि से अलग-अलग कर सकते हो? यदि नहीं तो बताओ कि इन्हें कैसे अलग-अलग करोगे?

4. नीचे कुछ प्रयोगों के चित्र दिए गए हैं। इनमें गलती पहचानो और लिखो।

बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 126

घुलनशीलता*

हमने 'चीज़ों को अलग-अलग करना' अध्याय में देखा था कि कुछ चीज़ें पानी में घुलनशील होती हैं और कुछ अघुलनशील। कुछ चीज़ें ऐसी भी होती हैं जो ठण्डे पानी में नहीं घुलतीं परन्तु गरम पानी में घुल जाती हैं।

इस अध्याय में हम दो पदार्थों — नमक व यूरिया — की घुलनशीलता के कुछ और प्रयोग करेंगे।

इन प्रयोगों के लिए पानी भी नापकर लेना पड़ेगा और नमक एवं यूरिया भी।

इंजेक्शन की शीशी का रबर वाला ढक्कन तो तुमने देखा ही है। इसे उलटा कर दें तो इसमें एक गड्ढा दिखाई देगा। इस गड्ढे में नमक या यूरिया भरें और उँगली से सपाट कर दें तो करीब आधा ग्राम नमक या यूरिया आता है। दो बार इस तरह भरकर लेने से 1 ग्राम नमक या यूरिया ले सकते हैं। प्रयोग में जहाँ 1 ग्राम लिखा है वहाँ इसी तरीके से नापना है।

- यहाँ आयतन का उपयोग वज़न के अनुमान के लिए किया गया है। हर बार बराबर मात्रा लेने के लिए आप किसी भी माप का उपयोग कर सकते हैं। जैसे ओ.आर.एस. घोल बनाने का चम्मच। ध्यान रखने की बात यह है कि नमक व यूरिया के मामले में तो यह तरीका बढ़िया काम करता है। ज़रूरी नहीं कि यह किसी भी पदार्थ के लिए चल जाएगा। सुविधा हो, तो तौलकर ले सकते हैं।
- इसी प्रकार से पानी को भी एक-चौथाई उफननली के हिसाब से लिया गया है। इसे नपनाघट से नापकर भी ले सकते हैं।

ठण्डे पानी में घुलनशीलता: प्रयोग 1

एक उफननली में एक-चौथाई पानी लो। इसमें 1 ग्राम नमक घोलो।

क्या यह नमक घुल गया?

अगर हाँ, तो इसी उफननली में 1 ग्राम नमक और घोलो।

क्या यह नमक भी घुल गया?

यह प्रक्रिया तब तक दोहराते रहो जब तक नमक का घुलना बन्द न हो जाए।

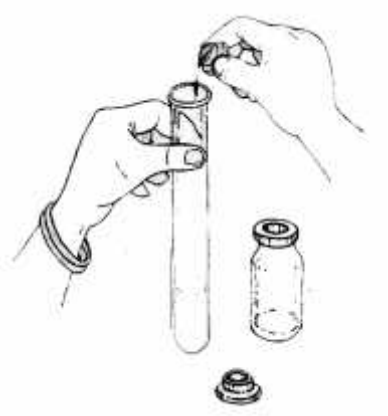
इस उफननली पर 'नमक का घोल' लिखकर इसे अलग रख दो।

कितने ग्राम के बाद नमक पानी में घुलना बन्द हो गया? तालिका 1 में लिख लो। (1)

एक और उफननली में एक चौथाई पानी लो। यही प्रयोग यूरिया के साथ करो।

कितने ग्राम के बाद यूरिया पानी में घुलना बन्द हो गया? तालिका 1 में लिखो। (2)

इस उफननली पर 'यूरिया का घोल' लिखकर अलग रख दो।



बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 149

* *बाल वैज्ञानिक कक्षा 6, 2000*

तालिका 1

पदार्थ का नाम	ठण्डे पानी में अधिकतम कितना घुलता है?
नमक	
यूरिया	

क्या किसी टोली के अवलोकन तुम्हारे अवलोकनों से भिन्न हैं?

आपस में चर्चा करो।

पूरी कक्षा के अवलोकनों के आधार पर सही विकल्प चुनकर वाक्यों को पूरा करके अपनी कॉपी में लिखो —

पानी की निश्चित मात्रा में किसी पदार्थ की घुलनशीलता

(क) निश्चित होती है।

(ख) कितनी भी हो सकती है। (3)

पानी की निश्चित मात्रा में नमक और यूरिया की

(क) बराबर-बराबर मात्रा घुलती है।

(ख) अलग-अलग मात्रा घुलती है। (4)

विभिन्न पदार्थों की पानी में घुलनशीलता

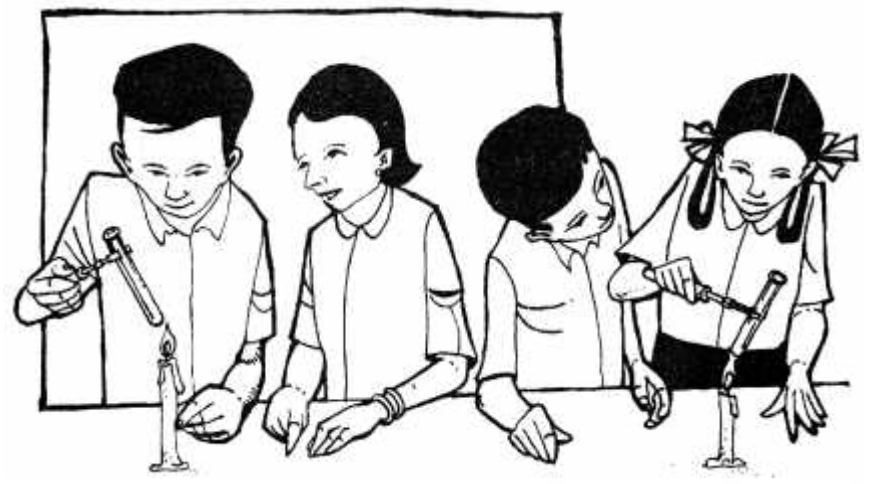
(क) एक समान होती है।

(ख) अलग-अलग होती है। (5)

घुलनशीलता पर गर्मी का असरः प्रयोग 2

इस प्रयोग में हम यह देखने की कोशिश करेंगे कि गरम करने पर पदार्थों की घुलनशीलता पर क्या असर होता है। खासकर हम यह जाँच करेंगे कि गरम करने पर नमक और यूरिया की घुलनशीलता पर एक समान असर होता है या अलग-अलग।

यूरिया की घुलनशीलता पर गर्मी के असर को परखने में एक दिक्कत यह आती है कि यूरिया का विघटन होने लगता है और घुलनशीलता की सीमा ही नहीं आती। अतः इस प्रयोग में घुलनशीलता की अधिकतम सीमा तक जाने की कोशिश नहीं की गई है।



बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 151

तालिका 2

पदार्थ का नाम	गरम करने पर क्या हुआ?		
	क्या ठण्डे घोल में बचा रह गया बिना घुला पदार्थ घुल गया?	क्या पहला 5 ग्राम घुला?	क्या दूसरा 5 ग्राम घुला?
नमक			
यूरिया			

तुमने प्रयोग 1 में एक उफननली पर 'नमक का घोल' लिखकर रखा था। उस उफननली को इतना गरम करो कि घोल उबलने लगे।

क्या गरम करने पर उफननली में मौजूद बिना घुला नमक घुल गया?

अगर हाँ, तो इसमें 5 ग्राम नमक और डालो। फिर से उफननली को गरम करके घोल को उबालो। क्या यह नमक भी घुल गया?

यदि यह 5 ग्राम नमक भी घुल जाए तो एक बार फिर 5 ग्राम नमक डालकर घोल को उबालो।

क्या यह नमक घुला? अपने परिणाम तालिका 2 में लिख लो। (6)

इस घोल को ठण्डा होने के लिए रख दो।

अब यही प्रयोग यूरिया के घोल के साथ दोहराओ।

अपने अवलोकन तालिका 2 में लिखो। (7)

इस घोल को भी ठण्डा होने के लिए रख दो।

अपने अवलोकनों के आधार पर बताओ कि क्या गरम करने पर नमक और यूरिया दोनों की घुलनशीलता बढ़ती है? (8)

क्या नमक और यूरिया की घुलनशीलता पर ताप का असर एक बराबर होता है? (9)

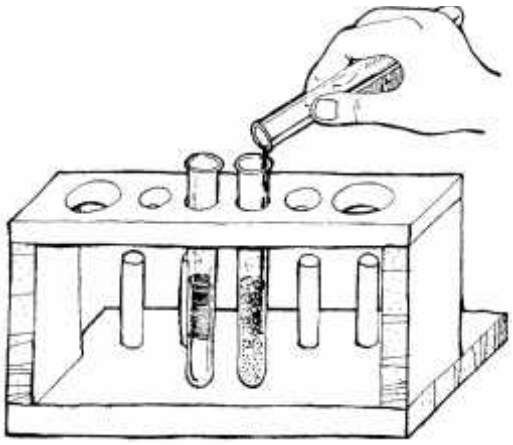
यदि असर बराबर नहीं होता, तो बताओ कि गरम करने पर किसकी घुलनशीलता पर ज़्यादा असर होता है? (10)

क्या इस प्रयोग से यह निष्कर्ष निकालना ठीक होगा कि अलग-अलग पदार्थों की घुलनशीलता पर ताप का प्रभाव अलग-अलग मात्रा में होता है? (11)

जब दोनों घोल ठण्डे हो जाएँ तो उनका अवलोकन करो।

ठण्डा होने पर दोनों घोलों में क्या फर्क दिखा? अपने शब्दों में वर्णन करो। (12)

क्या तुम इसका कारण भी बता सकते हो? (13)



बा.वै. कक्षा 6, 2000, पृ 153

तुमने देखा कि पानी में एक निश्चित मात्रा से अधिक पदार्थ डालने पर कुछ पदार्थ बिना घुले रह जाता है। अब अगर तुम चाहते हो कि बचा हुआ पदार्थ घुल जाए तो क्या करोगे?

अभी हमने पानी में पदार्थ की घुलनशीलता के प्रयोग किए। कुछ पदार्थ ऐसे भी हैं जो पानी में तो अघुलनशील होते हैं मगर किसी अन्य द्रव में घुल जाते हैं। उदाहरण के लिए जब कपड़ों पर ग्रीस लग जाता है तो उसे केरोसीन से छुड़ाते हैं। यह इसलिए हो पाता है क्योंकि ग्रीस केरोसीन में घुल जाता है।

द्रव में द्रव के घोलः प्रयोग 3

अभी तक हमने ठोस पदार्थों (जैसे यूरिया, नमक आदि) की घुलनशीलता की बात की। दो द्रव (तरल पदार्थ) भी आपस में घुलनशील या अघुलनशील हो सकते हैं।

क्या तुमने कभी केरोसीन और पानी को या पानी और तेल को आपस में मिलाकर देखा है?

क्या पानी व केरोसीन एक-दूसरे में घुल जाते हैं? क्या तेल और पानी एक-दूसरे में घुलनशील हैं? क्या केरोसीन और तेल एक-दूसरे में घुल जाएँगे? (14)

आओ इसे देखने के लिए एक सरल प्रयोग करें।

दो परखनलियों में एक-तिहाई केरोसीन लो। पहली में करीब एक-तिहाई परखनली नारियल का तेल डालो। क्या हुआ?

दूसरी परखनली में करीब एक-तिहाई परखनली पानी डालो। क्या हुआ?

नारियल के तेल और पानी की केरोसीन में घुलनशीलता में क्या अन्तर है? (15)

❖ ❖

रवे बनाओ*

तुमने घुलनशीलता के अध्याय में देखा था कि यूरिया पानी में घुलनशील है। तुमने यह भी देखा था कि अगर हम इस घोल को गरम करें तो उसमें और अधिक यूरिया घुल जाता है।

ठण्डा होने पर यूरिया की अतिरिक्त (अघुलित) मात्रा रवों के रूप में घोल में से बाहर निकल आती है। इस प्रक्रिया को रवे बनना कहते हैं। बेहतर रवे बनाने के लिए हमें यही प्रक्रिया थोड़े ध्यान से करनी होती है।

रवों का चित्र बनाने की कोशिश ज़रूरी है। इसी के आधार पर छात्र समझ पाएँगे कि किसी पदार्थ के सारे रवे एक जैसी शक्ल के होते हैं।

आओ कुछ पदार्थों के रवे बनाएँ।

यूरिया के रवेः प्रयोग 1

एक परखनली में 5 मि.ली. पानी लो। उसमें लगभग 8 ग्राम यूरिया डालो।

क्या सारा यूरिया घुल गया?

अगर नहीं तो परखनली को तब तक गरम करो जब तक कि सारा यूरिया न घुल जाए।

घोल को ठण्डा होने के लिए रख दो।

आधे घण्टे बाद परखनली का अवलोकन करो।

क्या उसमें यूरिया के रवे दिखे? (1)

रवों को गौर से देखो। अगर ज़रूरत हो तो लेंस का उपयोग करो।

इनका आकार कैसा है? चित्र बनाकर दिखाओ। (2)

क्या अन्य टोलियों में यूरिया के ऐसे ही रवे बने? (3)

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 201

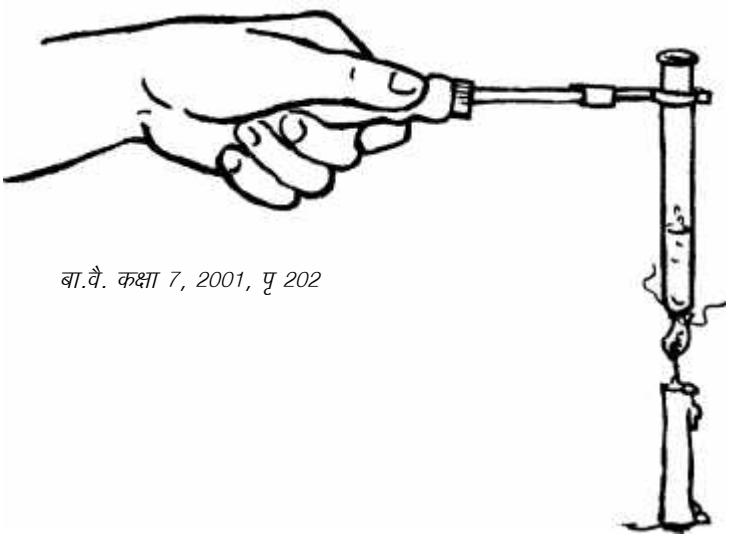
बेंज़ोइक अम्ल के रवेः प्रयोग 2

एक काँच के बीकर में 30 मि.ली. पानी लो। इसमें लगभग 1 ग्राम बेंज़ोइक अम्ल डालो।

बेंज़ोइक अम्ल को घोलने के लिए घोल को गरम करो और फिर ठण्डा होने के लिए रख दो। आधे घण्टे बाद बीकर में बेंज़ोइक अम्ल के रवों को ध्यान से देखो।

बेंज़ोइक अम्ल के रवे कैसे दिखते हैं? अपनी कॉपी में चित्र बनाकर दिखाओ। (4)

** रवे बनाओ, बाल वैज्ञानिक कक्षा 7, 2001*



बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 202

क्या सभी टोलियों में रवों का आकार एवं रंग एक-सा दिखा?

फिटकरी के रवेः प्रयोग 3

एक परखनली में 5 मि.ली. पानी लो। इसमें 1 ग्राम फिटकरी डालो।

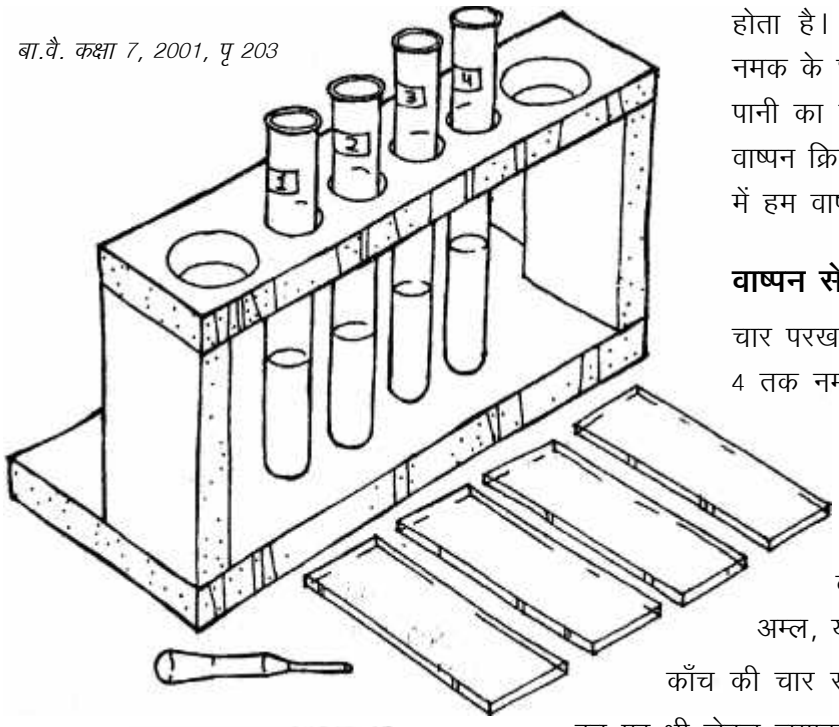
क्या सारी फिटकरी पानी में घुल गई? (6)

नहीं तो परखनली को गरम करो और फिटकरी के घुलते ही इस घोल को गुनगुने पानी से भरे एक बीकर में ठण्डा होने को रख दो। एक घण्टे बाद परखनली को ध्यान से देखो।

क्या घोल में से फिटकरी के रवे बाहर निकले? (7)

रवों का आकार कैसा है? (8)

आपस में चर्चा करके फिटकरी, यूरिया और बेंज़ोइक अम्ल के रवों की तुलना करो। (9)



बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 203

रवे बनाने के लिए एक और प्रक्रिया का भी इस्तेमाल होता है। पृथक्करण अध्याय में तुमने देखा था कि नमक के घोल में से नमक वापस प्राप्त करने के लिए पानी का वाष्पन करना पड़ता है। रवे बनाने के लिए वाष्पन क्रिया का भी उपयोग किया जाता है। प्रयोग 4 में हम वाष्पन की क्रिया से रवे बनाकर देखेंगे।

वाष्पन से रवेः प्रयोग 4

चार परखनलियाँ लो। इन पर लेबल चिपकाकर 1 से 4 तक नम्बर डाल लो।

हर परखनली में 10 मि.ली. पानी लो।

पहली परखनली में 1 ग्राम नीला थोथा डालकर घोल लो। इसी तरह दूसरी, तीसरी व चौथी परखनली में 1-1 ग्राम ऑक्सेलिक अम्ल, यूरिया और नमक डालकर घोल बना लो।

काँच की चार स्लाइडों को धोकर सुखा लो।

इन पर भी लेबल लगाकर 1 से 4 तक नम्बर डाल लो।

अब एक ड्रॉपर से पहली स्लाइड पर 4-5 बूँदें नीले थोथे के घोल की डालो। इसी तरह दूसरी स्लाइड पर ऑक्सेलिक अम्ल, तीसरी पर यूरिया और चौथी पर नमक के घोल की 4-4, 5-5 बूँदें डालो। ड्रॉपर से नया घोल लेने से पहले उसे पानी से अच्छी तरह धो लेना।

घण्टे भर बाद सभी स्लाइडों का अवलोकन करो।

इन पर डाले गए घोलों का पानी कहाँ गया? (10)

स्लाइडों पर बने रवों का एक-एक करके सूक्ष्मदर्शी से अवलोकन करो और नीचे दी गई तालिका भरो। रवों का आकार बताने के लिए चित्र बनाओ। (11)

तालिका 1

पदार्थ	रवों का रंग	रवों का आकार
1. नीला थोथा		
2. ऑक्सेलिक अम्ल		
3. यूरिया		
4. नमक		

क्या सभी पदार्थों के रवों का आकार एक जैसा है? (12)

अपनी टोली के नीले थोथे के रवों की तुलना अन्य टोलियों से करो।

क्या सभी टोलियों के नीले थोथे के रवों का आकार एक-सा है? (13)

इसी तरह शेष पदार्थ के रवों के आकार की तुलना भी अन्य टोलियों से करो।

यदि तुम नीला थोथा के बड़े-बड़े रवे प्राप्त करना चाहो तो एक बीकर में नीले थोथे का घोल एक तश्तरी से ढँककर रख दो। तीन-चार दिन तक बिना छेड़े रखा रहने दोगे तो काफी बड़े-बड़े रवे मिलेंगे।

अभ्यास के सवाल

1. मिश्री वास्तव में शक्कर का रवा है। कोशिश करके पता करो कि मिश्री कैसे बनाई जाती है। चाहो तो खुद भी मिश्री बनाओ।
2. प्रयोग 3 में फिटकरी के रवे बनाने के लिए तुमने फिटकरी के घोल को धीरे-धीरे ठण्डा किया था। यदि घोल को तेज़ी से ठण्डा होने दिया जाए तो क्या होगा? प्रयोग करके पता करो।

❖ ❖

क्रोमेटोग्राफी यानी मिश्रण से अलग होते पदार्थ*

विभिन्न पदार्थों के मिश्रणों में से प्रत्येक पदार्थ को शुद्ध रूप में अलग-अलग प्राप्त करना रसायनज्ञों का एक प्रमुख काम रहा है। इस काम के लिए छानने, बीनने से लेकर रवे बनाने और आंशिक आसवन (fractional distillation) जैसी विधियाँ इस्तेमाल की जाती हैं। मगर क्रोमेटोग्राफी की बात ही कुछ और है। इसके बारे में तो यह कहना ठीक रहेगा कि शायद क्रोमेटोग्राफी की अनुपस्थिति में कार्बनिक रसायन शास्त्र का इतना तेज़ विकास सम्भव न हो पाता।

तो देखें कि क्रोमेटोग्राफी नामक यह विधि है क्या चीज़। दरअसल रसायन शास्त्र में पृथक्करण के लिए उपयोग में लाई जाने वाली अधिकांश विधियाँ रोज़मर्रा की विधियों के ही परिष्कृत रूप हैं। मगर क्रोमेटोग्राफी उन विधियों में से है जो रोज़ाना के अनुभवों में से नहीं उभरी है। वैसे यह विधि है बहुत आसान। और पेज 52-53 में आप स्वयं इसका आनन्द ले चुके हैं। दरअसल, इस विधि को समझने का सर्वोत्तम तरीका भी यही है। (मूल लेख* में क्रोमेटोग्राफी करने की वही दो विधियाँ दी गई हैं इसलिए यहाँ इन्हें छोड़ा जा रहा है।)

जैसा कि मैंने कहा, क्रोमेटोग्राफी न होती तो कम से कम कार्बनिक रसायन इतनी तेज़ी से तरक्की न करता। क्रोमेटोग्राफी अत्यन्त उपयोगी विधि है। यह सिर्फ पृथक्करण में ही नहीं बल्कि पदार्थों की पहचान व उनकी शुद्धता की जाँच में भी कारगर साबित होती है।

इस रोचक व कारगर विधि का आविष्कार बीसवीं सदी की शुरुआत में हुआ था। 1907 की बात है। सोवियत वैज्ञानिक मिखैल सेमेनोविच त्स्वेत ने सबसे पहले इसका उपयोग पत्तियों के हरे रंग के विश्लेषण के लिए किया था। त्स्वेत ने एल्युमिनियम ऑक्साइड का चूरा एक काँच की नली में भर लिया और इस नली के एक सिरे पर पत्तियों से प्राप्त हरे रंग को डाला। अब नली को खड़ा करके उसने कोई द्रव इसी सिरे (हरे रंग वाले सिरे) से डालना शुरू किया। द्रव धीरे-धीरे एल्युमिनियम ऑक्साइड में से रिसता हुआ नली के दूसरे छोर तक पहुँच गया। स्पष्ट दिख रहा था कि हरा पदार्थ इकलौता नहीं था, बल्कि दो पदार्थों का मिश्रण था। यही पदार्थ क्लोरोफिल-ए और क्लोरोफिल-बी कहलाए।

कैसी-कैसी क्रोमेटोग्राफी

आपने ध्यान दिया होगा कि हमने चॉक व कागज़ पर जो क्रोमेटोग्राफी की थी उसमें पानी (तरल पदार्थ) नीचे से ऊपर चढ़ रहा था। दूसरी ओर क्लोरोफिल वाले प्रयोग में तरल पदार्थ (जो शायद पानी नहीं था) ऊपर से नीचे की ओर बहाया गया था। पहली यानी चॉक वाली क्रोमेटोग्राफी को चढ़ती (ascending) क्रोमेटोग्राफी कहते हैं जबकि दूसरी वाली को उतरती (descending) क्रोमेटोग्राफी कहते हैं। तो यह हो गया पहला वर्गीकरण।

वैसे इसका वर्गीकरण कई और तरह से किया जा सकता है। लेकिन पहले क्रोमेटोग्राफी का एक सामान्य विवरण प्रस्तुत कर सकते हैं।

दरअसल क्रोमेटोग्राफी के लिए ज़रूरी हैं दो परस्पर अघुलनशील पदार्थ। इन दो परस्पर अघुलनशील पदार्थों को दो प्रावस्थाएँ (phases) कहा जाता है। हमारा मिश्रण इन्हीं दो प्रावस्थाओं के बीच लटका या टँगा होता है।

ये दो प्रावस्थाएँ कई किस्म की हो सकती हैं। जैसा कि हमने अपने प्रयोग में किया था, एक ठोस प्रावस्था (चॉक या सोख्ता कागज़) ली और एक तरल (पानी)। ठोस प्रावस्था स्थिर (अचल) थी और तरल गतिमान। इसी तरह हम एक ठोस व एक गैस प्रावस्था भी ले सकते हैं; दो परस्पर अघुलनशील तरल पदार्थ भी लिए जा सकते हैं। यानी क्रोमेटोग्राफी कई किस्म की हो सकती हैः ठोस-द्रव, ठोस-गैस, द्रव-द्रव, द्रव-गैस।

हम यहाँ सिर्फ 'ठोस-द्रव क्रोमेटोग्राफी' की बात करेंगे। हालाँकि सिद्धान्त रूप में सभी क्रोमेटोग्राफी समान हैं मगर तकनीक के स्तर पर जटिलता बढ़ती जाती है।

'ठोस-द्रव क्रोमेटोग्राफी' करना वैसे तो आसान है, मगर

** शैक्षणिक संदर्भ, जनवरी-फरवरी 1997*

पृथक्करण की गुणवत्ता बढ़ाना हो तो इसी क्रोमेटोग्राफी को परिष्कृत व महँगे उपकरणों से भी करना पड़ता है।

'ठोस-द्रव क्रोमेटोग्राफी' में पचासों प्रकार की ठोस व द्रव प्रावस्थाएँ ली जा सकती हैं। मसलन, कैल्शियम कार्बोनेट और कागज़ (यानी सेल्यूलोज़) का उपयोग तो हम कर ही चुके हैं। इनके अलावा एल्युमिनियम ऑक्साइड (एल्युमिना), सिलिकॉन ऑक्साइड (सिलिका — जी हाँ, रेत) आदि का उपयोग बहुतायत से किया जाता है।

इसी तरह तरल प्रावस्था के लिए पेट्रोल, क्लोरोफॉर्म, अल्कोहल, बेन्ज़ीन आदि न जाने कितने पदार्थों का उपयोग किया जा सकता है। वैसे तरल प्रावस्था के चयन में ही ज़्यादा विविधता होती है।

जैसा कि मैंने ऊपर कहा था, क्रोमेटोग्राफी का उपयोग पृथक्करण के अलावा पदार्थों की पहचान व शुद्धता की जाँच के लिए भी किया जा सकता है। आइए, इन तीनों उपयोगों — पृथक्करण, पदार्थों की पहचान और शुद्धता की जाँच — को एक-एक करके देखते हैं।

रंगहीन या सफेद पदार्थ

लेकिन उससे पहले शायद एक बात समझ लेना ज़रूरी है। क्रोमेटोग्राफी का शाब्दिक अर्थ 'रंग-चित्र' होता है। परन्तु यह ज़रूरी नहीं है कि क्रोमेटोग्राफी से सिर्फ रंगीन पदार्थों का ही पृथक्करण किया जाए।

चूँकि शुरू में पत्तियों के हरे पदार्थ का विश्लेषण किया गया था, इसलिए क्रोमेटोग्राफी नाम इस विधि से चिपक गया है। सफेद व रंगहीन पदार्थों के विश्लेषण-पृथक्करण में भी यह विधि समान रूप से कारगर है। परन्तु आपके मन में यह सवाल ज़रूर उठेगा कि अगर चॉक या कागज़ पर ऐसे पदार्थ अलग-अलग हो भी गए तो हमें पता कैसे चलेगा कि अलग-अलग पदार्थ हैं कहाँ-कहाँ। यह पता करने के कई तरीके हैं।

मसलन कई पदार्थ ऐसे होते हैं जो सामान्य रोशनी में तो सफेद या रंगहीन होते हैं मगर पराबैंगनी प्रकाश में देखने पर रंगीन नज़र आते हैं। यानी क्रोमेटोग्राफी करने के बाद क्रोमेटोग्राम को पराबैंगनी प्रकाश में रखकर देखा जा सकता है।

इसी तरह कई कार्बनिक पदार्थ सान्द्र गन्धक के अम्ल के साथ क्रिया करके काले-कत्थई पड़ जाते हैं। यदि क्रोमेटोग्राम पर इस अम्ल का छिड़काव किया जाए और फिर उसे थोड़ा गरम कर दिया जाए तो पदार्थ जहाँ-जहाँ होंगे, वे काले धब्बों के रूप में दिखने लगेंगे। ज़ाहिर है इस प्रयोग में आपको मात्र यही पता चलेगा कि क्रोमेटोग्राम पर पदार्थ के कण कहाँ-कहाँ थे। लेकिन पदार्थ प्राप्त नहीं होंगे — वे तो गन्धक के अम्ल से क्रिया करके नष्ट हो चुके होंगे। (वैसे इस समस्या से निपटने के तरीके हैं।)

एक तरीका यह भी होता है कि क्रोमेटोग्राम को आयोडीन वाष्प से भरे एक डिब्बे में रख दिया जाए। आयोडीन उन-उन जगहों पर ज़्यादा चिपकती है जहाँ कार्बनिक पदार्थ होते हैं। इसलिए ये धब्बे-पट्टियाँ नज़र आने लगते हैं। खुली हवा में रखने पर आयोडीन वापस उड़ जाती है।

पदार्थों की उपस्थिति को देखने के कई और तरीके हैं। इनमें से कुछ तो बेहद परिष्कृत होते हैं।

अब हम यह समझने की कोशिश करते हैं कि विभिन्न उद्देश्यों के लिए क्रोमेटोग्राफी कैसे की जाती है।

1. पदार्थों को अलग-अलग करना: जब हम क्रोमेटोग्राफी से पृथक्करण की बात करते हैं, तो इसका मतलब यह होता है कि हम चाहते हैं कि मिश्रण के सारे पदार्थ (या कभी-कभी कोई चुनिन्दा पदार्थ) हमें प्राप्त हो जाएँ। इसका मतलब हमारे पास मिश्रण काफी मात्रा में है। यहाँ काफी मात्रा का अर्थ स्पष्ट करना ज़रूरी है। क्रोमेटोग्राफी के सन्दर्भ में 'काफी मात्रा' का अर्थ चन्द मिलीग्राम तक हो सकता है। सामान्य क्रोमेटोग्राफी से आप 5-10 मि.ग्रा. तक का पृथक्करण कर सकते हैं। यदि उच्च दबाव क्रोमेटोग्राफी कर रहे हैं, तो यह मात्रा माइक्रोग्राम में भी हो सकती है।

पृथक्करण की दृष्टि से हम आम तौर पर स्तम्भ (यानी कॉलम) क्रोमेटोग्राफी का इस्तेमाल करते हैं। मिश्रण की मात्रा कम होने पर महीन परत (thin layer) क्रोमेटोग्राफी की जाती है। स्तम्भ क्रोमेटोग्राफी के लिए ठोस प्रावस्था को काँच की एक नली में भर लिया जाता है। यानी ठोस प्रावस्था का एक स्तम्भ बन जाता है। इस स्तम्भ के ऊपरी सिरे पर मिश्रण घुलित अवस्था में डाल दिया जाता है। अब तरल प्रावस्था को ऊपर से डालना शुरू करते हैं। धीरे-धीरे तरल प्रावस्था नीचे की ओर बढ़ती है और साथ में मिश्रण के विभिन्न पदार्थ अलग-अलग गति से बढ़ते हैं। जब तरल प्रावस्था नली के निचले सिरे तक पहुँचे, उस समय यदि क्रोमेटोग्राफी रोक दी जाए तो स्थिति कुछ बाजू के चित्र जैसी होगी। इसमें से

बेशक सारे पदार्थ अलग-अलग किए जा सकते हैं मगर मुश्किल से। इसके लिए पूरे कॉलम को नली से बाहर निकालकर उन हिस्सों को अलग-अलग किया जा सकता है जिनमें विभिन्न पदार्थ नज़र आ रहे हैं। इन अलग-अलग हिस्सों में से प्रत्येक पदार्थ को किसी विलायक में घोलकर प्राप्त किया जा सकता है। मगर व्यवहार में इसी काम के लिए एक अपेक्षाकृत सरल विधि अपनाई जाती है।

उपरोक्त स्थिति में क्रोमेटोग्राफी को रोका नहीं जाता। तरल को नली के निचले सिरे से बहने दिया जाता है और उसे फ्लास्कों में एकत्रित कर लिया जाता है। हमें यह तो पता नहीं है कि तरल पदार्थ के साथ कब-कौन-सा पदार्थ आ रहा है, इसलिए तरल पदार्थ की थोड़ी-थोड़ी मात्रा (मान लीजिए 25-25 मि.ली.) अलग-अलग एकत्रित की जाती है। ऐसे प्रत्येक अंश को अलग-अलग ही रखा जाता है। बाद में इनका विश्लेषण करके देखते हैं किन-किन को आपस में मिलाया जा सकता है।

2. शुद्धता की जाँच व पहचान: ये दोनों उपयोग दरअसल एक जैसे हैं। विशेषता यह है कि क्रोमेटोग्राफी की मदद से ये काम पदार्थ की बहुत कम मात्रा के साथ किए जा सकते हैं। इसका सिद्धान्त बहुत आसान है।

जब ठोस प्रावस्था पर तरल प्रावस्था आगे बढ़ती है तो प्रत्येक पदार्थ उसके साथ एक निश्चित गति से आगे बढ़ता है। अब इस बात को दो तरह से देखा जा सकता है।

पहला, कि यदि क्रोमेटोग्राफी को रोका न जाए तरल पदार्थ को लगातार बहने दिया जाए, तो तरल का एक निश्चित आयतन बह जाने के बाद पहला पदार्थ ठोस प्रावस्था के अन्तिम छोर पर पहुँचेगा। फिर यह तरल पदार्थ के साथ बहकर बाहर निकल जाएगा। इसके बाद तरल का कुछ आयतन बहने के बाद अगला पदार्थ बहेगा, वगैरह।

यदि इसी बात को दूसरी तरह से रखें तो — यदि तरल के ठोस के अन्तिम छोर तक पहुँचने या उससे पहले ही क्रोमेटोग्राफी को रोक दिया जाए, तो मिश्रण के सारे पदार्थ ठोस प्रावस्था पर विभिन्न दूरियों तक पहुँच चुके होंगे।

यदि यह क्रोमेटोग्राफी बार-बार करें और हर बार परिस्थितियाँ एक-सी हों तो हर बार प्रत्येक पदार्थ एक निश्चित दूरी तक ही पहुँचता है।

परन्तु क्रोमेटोग्राफी की परिस्थितियाँ एक-सी रखना बहुत मुश्किल काम है। इसलिए किया यह जाता है कि जिन पदार्थों की आपस में तुलना करनी हो उनकी क्रोमेटोग्राफी एक साथ की जाती है। जैसे मान लीजिए आपने किसी वनस्पति में से एक पदार्थ प्राप्त किया है। आपका अनुमान है कि यह पदार्थ कोलेस्ट्रॉल है। आप कहीं से कोलेस्ट्रॉल का एक जाँचा-परखा नमूना लाएँगे और अपने पदार्थ और इस मानक कोलेस्ट्रॉल की क्रोमेटोग्राफी साथ-साथ कर डालेंगे। यदि दोनों एक ही दूरी तक पहुँचते हैं तो लगभग यकीन से कहा जा सकता है कि आपका पदार्थ कोलेस्ट्रॉल ही है। यदि दोनों अलग-अलग दूरी तक पहुँचते हैं तो पक्के तौर पर कहा जा सकता है कि आपका पदार्थ कोलेस्ट्रॉल नहीं है।

इस प्रकार की तुलना सोख्ता कागज़ वाली क्रोमेटोग्राफी में आसानी से की जा सकती है। दोनों पदार्थों को उपयुक्त विलायकों में घोलकर एक ही कागज़ पर पास-पास उनकी एक-एक बूँद लगाकर क्रोमेटोग्राफी कर लें। आपका काम हो गया।

वैसे इसी काम के लिए महीन परत क्रोमेटोग्राफी भी इस्तेमाल में लाई जाती है। महीन परत क्रोमेटोग्राफी के लिए ठोस प्रावस्था की एक महीन परत तैयार करनी होती है। काँच की एक प्लेट पर महीन परत तैयार करके शेष काम कागज़ क्रोमेटोग्राफी की तरह किया जाता है। वैसे इस चर्चा से आप समझ गए होंगे कि स्तम्भ क्रोमेटोग्राफी से प्राप्त अंशों का विश्लेषण किस तरह किया जाता है।

तो अब आते हैं शुद्धता की जाँच पर। कागज़ पर या महीन परत पर क्रोमेटोग्राफी करें और क्रोमेटोग्राम में पदार्थ एक ही धब्बे के रूप में दिखे तो लगभग पक्की बात है कि पदार्थ शुद्ध है। 'लगभग पक्की बात' को पक्की करने के लिए थोड़ा और परिश्रम करना पड़ेगा। यदि तरल प्रावस्था में थोड़ा परिवर्तन करने के बाद फिर से क्रोमेटोग्राफी करने पर भी पदार्थ एक ही धब्बे के रूप में दिखता है, तो यकीन मानिए कि वह पदार्थ शुद्ध है। और यह जाँच वाकई मि.ग्रा. के सौवें भाग के साथ भी की जा सकती है।

सही मायने में शुद्धता की जाँच के मकसद से क्रोमेटोग्राफी करते वक्त परिस्थितियाँ कुछ इस तरह एडजस्ट की जाती हैं कि हमारा पदार्थ तरल के अन्तिम छोर से लगभग आधी दूरी तक पहुँचे।

क्रोमेटोग्राफी के कई और रूप हैं जिनकी चर्चा हमने नहीं की है।

❖ ❖

ऊर्ध्वपातन पदार्थों का एक मज़ेदार गुण*

आम तौर पर हम जब ठोस चीज़ों को गरम करते हैं तो हमारी उम्मीद होती है कि वे पहले पिघलेंगी, फिर वाष्पित होंगी। मगर क्या यह क्रम हर पदार्थ में देखा जाता है? कुछ ऐसे पदार्थ भी होते हैं जो ठोस अवस्था से सीधे वाष्प में परिवर्तित हो जाते हैं। मसलन नौसादर (यानी अमोनियम क्लोराइड) और आयोडीन। नौसादर तो काफी आसानी से मिलने वाला पदार्थ है। इसे गरम करके आप खुद देख सकते हैं कि यह भाप बनकर उड़ जाता है मगर पिघलता नहीं। इस क्रिया को ऊर्ध्वपातन कहते हैं।

सवाल यह है कि क्या ऊर्ध्वपातन का यह गुण इन कुछ विशिष्ट पदार्थों में ही पाया जाता है या यह एक सामान्य गुण है जो सभी पदार्थों में होता है? और यदि यह गुण सभी पदार्थों में होता है तो हमें दिखता क्यों नहीं।

द्रवों के वाष्पन के विषय में तो आप थोड़ा बहुत जानते ही हैं। फिर भी यहाँ संक्षेप में इस क्रिया को दोहरा लेना अनुचित न होगा।

जब पानी या मिट्टी के तेल जैसे किसी द्रव को खुले में छोड़ देते हैं तो धीरे-धीरे वह वाष्पित होकर उड़ जाता है। मगर यदि यही प्रयोग एक बन्द निर्वात बरतन में किया जाए तो स्थिति थोड़ी अलग होगी। कुछ समय बाद पूरा बरतन उस द्रव की वाष्प से भर जाता है।

यदि अब इस बरतन को थोड़ा गरम किया जाए तो द्रव के थोड़े और अणु वाष्पित हो जाते हैं। मगर धीरे-धीरे फिर से एक सन्तुलन बन जाता है। अब उस बरतन में वाष्प की मात्रा ज़्यादा होती है तो उसका दाब भी ज़्यादा होता है। यानी तापमान बढ़ने के साथ वाष्प दाब बढ़ता जाता है। यहाँ दो बातें ध्यान में रखने की हैं। पहली बात तो यह है कि विभिन्न तापमानों पर वाष्प दाब नापते समय शेष परिस्थितियाँ (जैसे द्रव की सतह का क्षेत्रफल) समान रहें। दूसरी बात यह है कि किस तापमान पर किसी द्रव का वाष्प दाब कितना होगा यह उस द्रव की प्रकृति पर निर्भर करता है। यानी किसी भी तापमान पर विभिन्न द्रवों का वाष्प दाब अलग-अलग होता है।

ठोस का वाष्प दाब

द्रवों की तरह प्रत्येक ठोस पदार्थ भी निरन्तर वाष्पित होता रहता है। यह बात अलग है कि वाष्प की मात्रा इतनी कम होती है कि हम उसे नाप तक नहीं पाते। बहरहाल यदि किसी ठोस पदार्थ को हम निर्वात बरतन में रख दें तो उसके कुछ अणु वाष्पित हो जाते हैं। लिहाज़ा उस बरतन में उस पदार्थ की कुछ मात्रा वाष्प के रूप में भर जाती है। इसका अपना निश्चित वाष्प दाब होता है।

दरअसल हम इस क्रिया को रोज़ाना देखते, महसूस करते हैं। 'फिनाइल' की गोलियाँ हम कपड़ों की अलमारी में रखते हैं। वह धीरे-धीरे उड़ती रहती हैं। इसी प्रकार से कई ठोस पदार्थों की गन्ध हमें आती है। यह गन्ध वास्तव में उनके वाष्पीकरण के कारण ही हम तक पहुँचती है। यदि किसी ठोस पदार्थ की वाष्पन की दर काफी ज़्यादा है तो उसे वाष्पशील ठोस कह सकते हैं।

गलनांक व क्वथनांक

हमने ऊपर देखा कि द्रव को गरम करने पर उसका वाष्प दाब बढ़ता जाता है। एक स्थिति ऐसी आती है जब वाष्प दाब वायुमण्डल के दाब के बराबर हो जाता है। तब वह द्रव उबलने लगता है। जिस तापमान पर किसी द्रव का वाष्प दाब वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो, उसे हम द्रव का सामान्य क्वथनांक कहते हैं।

ज़ाहिर है, यदि बाहरी दाब कम कर दिया जाए तो द्रव कम तापमान पर उबलने लगेगा। पहाड़ी स्थानों पर यह स्थिति आ जाती है। इसके विपरीत यदि बाहरी दाब बढ़ा दिया

** शैक्षिक संदर्भ, मई-जून 1997*

जाए तो द्रव ज़्यादा तापमान पर उबलेगा। यह स्थिति प्रेशर कुकर में आ जाती है।

किसी ठोस का सामान्य गलनांक उस तापमान को कहते हैं जिस पर वह पिघलता है। इस पर भी दाब का असर पड़ता है। इसलिए हम यह कहते हैं कि वायुमण्डलीय दाब पर किसी ठोस के पिघलने के तापमान को उसका सामान्य गलनांक कहते हैं। आम तौर पर दाब बढ़ने पर ठोस का गलनांक बढ़ जाता है। यानी दाब बढ़ने पर ठोस अपने सामान्य गलनांक से ज़्यादा ताप पर पिघलते हैं। बर्फ की बात अलग है। दाब बढ़ने पर उसका गलनांक कम हो जाता है।

ऊर्ध्वपातन

ठोस से वाष्प बनने की बात हमने की। देखा जाए तो यही ऊर्ध्वपातन की क्रिया है। मगर इस सन्दर्भ में दो बातों का ध्यान रखना ज़रूरी है।

पहली बात तो यह है कि आम तौर पर ठोस पदार्थों का वाष्प दाब बहुत कम होता है। यानी किसी भी तापमान पर ठोस प्रायः बहुत कम वाष्पित होते हैं। दूसरी बात ज़्यादा महत्व की है। हम ऊपर देख चुके हैं कि वाष्प दाब तापमान पर निर्भर करता है। ठोस को गरम करेंगे तो वाष्प दाब बढ़ेगा। मगर एक ऐसी स्थिति आएगी जब वह पिघल जाएगा।

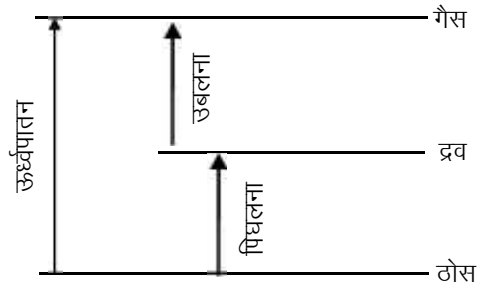
ऊर्ध्वपातन के लिए ज़रूरी है कि ठोस पदार्थ का गलनांक आने से पूर्व उसका वाष्प दाब वायुमण्डलीय दाब के बराबर पहुँच जाए। ऐसी स्थिति में वह 'उबलने' लगता है। खूब सारी वाष्प निकलती है और वाष्प ठण्डी होकर वापस ठोस के रूप में जमा हो जाती है। इस पूरी प्रक्रिया को 'ठोस का आसवन' भी कह सकते हैं।

जिस तापमान पर किसी ठोस का वाष्प दाब वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाए उसे ऊर्ध्वपातन तापमान या ऊर्ध्वपातांक भी कहते हैं।

क्या सारे ठोस उबलेंगे

हमने लेख के शुरू में यह सवाल रखा था कि क्या समस्त ठोस पदार्थों में ऊर्ध्वपातन का गुण होगा। अब हम इस सवाल का जवाब देने की स्थिति में हैं।

यह तो सही है कि समस्त ठोस पदार्थ कम या ज़्यादा वाष्पित होते रहते हैं। मगर उनका वाष्प दाब बहुत कम

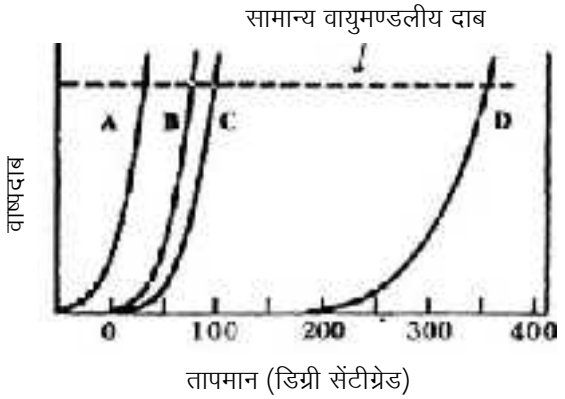


पदार्थ की तीन अवस्थाएँ — ठोस, द्रव एवं गैस।
इनमें परस्पर — उबलना, पिघलना, ऊर्ध्वपातन

होता है। तापमान के साथ दाब बढ़ता है मगर इतना नहीं बढ़ पाता कि वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाए, इसके पहले ही वे पिघल जाते हैं। यानी सब ठोस पदार्थों में सामान्य वायुमण्डलीय दाब पर ऊर्ध्वपातन नहीं होता।

मगर यदि दबाव कम कर दिया जाए तो? जी हाँ, यदि बाहरी दबाव को कम कर दिया जाए तो प्रत्येक ठोस पदार्थ के लिए ऐसा कोई तापमान अवश्य होगा जहाँ उसका

विभिन्न द्रवों (डाइ इथाइल ईथर, इथेनॉल, पानी और पारा) के लिए वाष्प दाब और तापमान के बीच खींचा गया ग्राफ (क्रमशः ए, बी, सी और डी)। ग्राफ में दिखाई गई टूटी रेखा सामान्य वायुमण्डलीय दाब को दर्शा रही है। जैसे-जैसे विभिन्न द्रवों का वाष्प दाब वायुमण्डलीय दाब के बराबर होने लगता है, द्रव उबलने लगते हैं।



ऊर्ध्वपातन हो जाएगा। मसलन बर्फ को यदि बहुत कम दबाव पर रखा जाए तो उसका ऊर्ध्वपातन सम्भव है।

कुल मिलाकर हमें देखना यह होगा कि किस तापमान पर किसी ठोस का वाष्प दाब कितना है। यदि बाहरी दबाव को उतना ही कर दिया जाए तो ऊर्ध्वपातन हो जाएगा।

ऊर्ध्वपातित ठोस पिघलेंगे क्या?

ऐसे ठोस पदार्थों में गलनांक आने से पूर्व ही वाष्प दाब वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाता है। अतः पिघलने से पहले ही ये उबलने लगेंगे। यानी सामान्य वायुमण्डलीय दाब पर ये ठोस नहीं पिघलेंगे। इनको पिघलाने के लिए हमें विशेष जतन करना होगा। इन पर दबाव बढ़ाना होगा। दबाव को इतना बढ़ाना होगा कि गलनांक से पूर्व इनका वाष्प दाब उस बढ़े हुए दबाव के बराबर न होने पाए।

सवाल यह उठता है कि क्यों कुछ ठोस पदार्थों का वाष्प दाब बढ़कर वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाता है जबकि अन्य अधिकांश ठोस पदार्थों के साथ यह स्थिति नहीं आती। मैं इस मामले में मात्र यही कहना चाहूँगा कि कम से कम मैं नहीं जानता कि ऐसा क्यों है। सम्भवतः स्थिति यह है कि पदार्थों की अवस्था परिवर्तन के बारे में हमारी समझ ही काफी सीमित है।

उबालने/पिघलाने की गुप्त ऊष्माएँ

हम यह तो जानते ही हैं कि पदार्थों के पिघलने व उबलने की क्रिया में ऊष्मा लगती है। जब कोई पदार्थ पिघलता है या उबलता है तो होता यह है कि वह गर्मी सोखता जाता है। मगर उसका तापमान नहीं बदलता। यह सोखी गई गर्मी उसकी अवस्था परिवर्तन में खप जाती है। इसे गुप्त ऊष्मा कहते हैं। पिघलने की गुप्त ऊष्मा अलग होती है और उबलने की गुप्त ऊष्मा अलग होती है।

ऊर्ध्वपातन की क्रिया में भी गुप्त ऊष्मा सोखी जाती है। किसी भी पदार्थ की ऊर्ध्वपातन की गुप्त ऊष्मा उसके पिघलने व उबलने की गुप्त ऊष्माओं के योग के बराबर होती है।

अब स्थिति यह है कि सभी ठोस पदार्थों का वाष्पन हर तापमान पर होता है। तापमान बढ़ाने पर वाष्पन बढ़ता है। कुछ ठोस पदार्थ ऐसे होते हैं जिनका वाष्प दाब इतना बढ़ जाता है कि वह वायुमण्डलीय दाब के बराबर हो जाता है और वे 'उबलने' लगते हैं। इसे ऊर्ध्वपातन कहते हैं। ऐसे पदार्थों के पृथक्करण व शोधन में यह विधि ठीक उसी तरह उपयोगी है जैसे कि आसवन।

❖ ❖

पानी – मृदु और कठोर

रासायनिक गुणधर्मों को पहचानने का एक आसान तरीका

इस अध्याय के प्रयोग बहुत ही सरलता से किए जा सकते हैं और इसमें जो बातें की गई हैं वे प्रायः आम अनुभव का हिस्सा होती हैं। आजकल कपड़े-बरतन धोने के लिए डिटर्जेंट का उपयोग होने लगा है और भाप के इंजिन चलन से बाहर हो गए हैं। इसलिए कुछ हद तक बच्चों के अनुभव में कठोर पानी की समस्या उतने स्पष्ट व तल्ख रूप में शायद न आती हो। मगर फिर भी कहीं न कहीं उनका सामना इस समस्या से होता ही है। जैसे नहाते समय साबुन से झाग न बनना या दाल न पकना वगैरह सामान्य बातें हैं। वैसे यदि कोई व्यक्ति आजीवन सिर्फ कठोर पानी का उपयोग करता रहे तो उसे कभी पता नहीं चलेगा कि उस पानी में कोई 'समस्या' है। उसके लिए तो वही सामान्य स्थिति होगी।

पानी में कठोरता की जाँच करते हुए हम पदार्थों के रासायनिक गुणधर्मों की ही जाँच कर रहे हैं। पहले विभिन्न स्रोतों के पानी की जाँच करके बच्चे इस बात से परिचित होते हैं कि अलग-अलग जगह का पानी साबुन के साथ अलग-अलग व्यवहार करता है। तुलना के लिए आसुत पानी का उपयोग किया गया है।

यहाँ एक बात बताना ज़रूरी है कि डिटर्जेंट अलग किस्म के रसायन हैं और कठोरता की उपस्थिति में उनकी झाग देने की क्रिया बाधित नहीं होती। इसलिए सारे प्रयोग साबुन से करने होंगे — नहाने का साबुन लेने से यह सुनिश्चित हो जाएगा कि हम 'साबुन' का ही उपयोग कर रहे हैं, डिटर्जेंट का नहीं। वैसे सारे प्रयोग साबुन और डिटर्जेंट दोनों के साथ किए जाते हैं ताकि अन्तर स्पष्ट हो जाए।

प्रयोगों में इस बात पर काफी ज़ोर दिया गया है कि हर बार पानी की मात्रा एक समान रहे, साबुन के घोल की बराबर-बराबर बूँदें डाली जाएँ और हर बार उन्हें बराबर हिलाया जाए। प्रयोगों में सावधानी का यह एक अच्छा अभ्यास हो सकता है। तुलनात्मक प्रयोग से बच्चों का यह पहला सम्पर्क है।

रासायनिक प्रयोगों में उपकरणों की साफ-सफाई की ज़रूरत यहाँ स्पष्ट उभरती है। एक बूँद पानी या साबुन का घोल भी इधर-उधर हुआ तो नतीजे गड़बड़ा सकते हैं।

एक बात का ध्यान रखें। पानी में सोडियम क्लोराइड घोलने पर हम कठोरता की अपेक्षा नहीं करते। आम तौर पर सोडियम क्लोराइड के नाम पर हम नमक का उपयोग करते हैं। इसमें कैल्शियम क्लोराइड की अशुद्धि मिली होती है। इस अशुद्धि की वजह से कभी-कभी सोडियम क्लोराइड पानी को कठोर बना देता है। इस समस्या से निपटने के दो तरीके हैं — या तो प्रयोगशाला श्रेणी का सोडियम क्लोराइड इस्तेमाल करें या पानी में सोडियम क्लोराइड अत्यन्त कम मात्रा में डालें, ताकि अशुद्धि की मात्रा न्यूनतम रहे।

इसके बाद आसुत पानी में अलग-अलग लवण घोलकर देखा जाता है कि कौन-से लवण पानी को कठोर बनाते हैं, कौन-से नहीं। एक मोटा-मोटा वर्गीकरण कर सकते हैं। इसके आधार पर निष्कर्ष निकालने की प्रक्रिया हो सकती है कि किस तरह के लवण कठोरता पैदा करेंगे। जैसे शिक्षकों के साथ जब सोडियम क्लोराइड, अमोनियम क्लोराइड, कैल्शियम क्लोराइड, कैल्शियम सल्फेट, मैग्नीशियम सल्फेट, कॉपर सल्फेट, सोडियम सल्फेट, कैल्शियम कार्बोनेट, सोडियम कार्बोनेट को लेकर प्रयोग किए गए तो वे यह देख पाए कि क्लोराइड या सल्फेट होने से कठोरता पैदा हो भी सकती है, नहीं भी हो सकती है। मगर कैल्शियम या मैग्नीशियम हो, तो ज़रूर कठोरता पैदा

होती है। इस परिकल्पना की आगे जाँच के लिए कई अन्य लवणों से प्रयोग करना होगा मगर इस तरह का विश्लेषण रासायनिक पदार्थों के साथ परिचय का एक अच्छा तरीका है। वैसे बच्चे अभी इस बात से परिचित नहीं हैं कि 'कैल्शियम सल्फेट' का मतलब होता है कि वह 'कैल्शियम' और 'सल्फेट' नामक दो इकाइयों से मिलकर बना है। इसलिए उनके साथ बात को पूरे लवण तक ही सीमित रहने देना ठीक होगा।

एक प्रयोग (प्रयोग 4 — झाग और अवक्षेप का सम्बन्ध) कठोरता के मापन के लिए भी दिया गया है। ध्यान रखने की बात यह है कि इस प्रयोग से कठोरता की मात्रा का मोटा-मोटा अनुमान ही लगाया जा सकता है। दरअसल यह प्रयोग कठोरता के मापन का न होकर यह समझने में मदद करने के लिए है कि कठोर पानी में जो अवक्षेप बनता है वह साबुन और पानी में उपस्थित लवण की क्रिया से बनता है और इसी अवक्षेप को बनाने में साबुन बहुत अधिक खर्च होता है। इसी अवक्षेप बनने को 'साबुन का फटना' भी कहते हैं। कठोरता के सटीक मापन के लिए थोड़े विशिष्ट रसायनों का उपयोग करना होता है। इसे शायद आगे की कक्षाओं के लिए रखा जा सकता है। वैसे यदि आप चाहें और आपके पास सुविधा हो तो कठोरता के मापन की विधि आगे दी गई है।

अगले चरण में कुछ कठोर पानी के नमूनों को लेकर प्रयोगों के माध्यम से यह समझने का प्रयास किया जाता है कि कठोरता दो तरह की होती है — स्थाई कठोरता और अस्थाई कठोरता। यहाँ यह सवाल भी उठता है कि पानी के विभिन्न उपयोगों की दृष्टि से इन दो तरह की कठोरताओं का क्या महत्व होगा।

अन्त में कठोर पानी को मृदु बनाने के तरीकों से सम्बन्धित प्रयोग (प्रयोग 5) किए जाते हैं।

इस अध्याय के सारे प्रयोगों में आसुत पानी का ही उपयोग किया जाएगा; सिवाय उन प्रयोगों के जहाँ विशेष रूप से किसी अन्य पानी की जाँच की जा रही है।

❖ ❖

पानी – मृदु और कठोर*

पानी का उपयोग तो तुम दिन-रात करते हो। पानी इतनी महत्वपूर्ण चीज़ है कि उसके बिना जीवन की कल्पना भी नहीं की जा सकती। पानी का यह महत्व उसके गुणों के कारण है।

तुमने पानी के कई गुणों का अध्ययन किया है। वैसे भी दैनिक जीवन में उपयोगी होने के कारण तुम इसके कई गुणों को जानते ही होगे।

पानी के उपयोगों और गुणों की एक सूची बनाओ।

इस अध्याय में हम पानी के एक विशेष गुण का अध्ययन करेंगे। पर उससे पहले बताओ कि क्या तुमने कभी ऐसे पानी का उपयोग किया है जिसके साथ साबुन लगाने पर झाग नहीं आता?

आसुत पानी

आगे के सभी प्रयोगों के लिए प्रत्येक टोली को लगभग एक ग्लूकोज़ बोतल भर आसुत पानी की ज़रूरत पड़ेगी। आसुत पानी इकट्ठा करने के लिए एक चौड़े मुँह का बरतन बाहर बारिश में रख दो। 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 ग्लूकोज़ की बोतल में कॉर्क लगाकर रख लो। यही तुम्हारा आसुत पानी है।

क्या तुम बता सकते हो कि वर्षा और आसवन की क्रिया में क्या समानता है? (1)

साबुन का घोल

यह घोल पूरी कक्षा के लिए एक साथ बनाया जाए। इसके लिए नहाने के साबुन का ही उपयोग हो, डिटर्जेंट का नहीं। एक बीकर को आसुत पानी से लगभग आधा भरें। इसमें नहाने के साबुन के टुकड़े करके डाल दें। इसे गलने दें। फिर अच्छे से हिलाकर घोल बना लें। घोल इतना गाढ़ा हो कि एक तिहाई परखनली आसुत पानी में इसकी 5-10 बूँदें डालने पर खूब झाग पैदा हो।

हम इस अध्याय में इसी बात को समझने की कोशिश करेंगे कि क्यों कुछ जगह के पानी में साबुन के साथ बिलकुल झाग नहीं आता और ऐसे पानी को ठीक करने के क्या उपाय हैं। इस अध्याय के लिए अलग-अलग स्रोतों, जैसे कुआँ, नल, नदी, तालाब आदि का पानी लाना होगा।

परन्तु एक बात तो रह ही गई। जब हम कहते हैं कि अमुक पानी में झाग कम आता है, तो किससे कम? हमारे पास कोई तो मापदण्ड होना चाहिए जिससे तुलना करके हम कहेंगे कि झाग कम है या अधिक। हमारा यह मापदण्ड होगा — बारिश के पानी यानी आसुत पानी के साथ बना झाग।

प्रयोग 1

इस प्रयोग में पानी के अलग-अलग नमूनों में साबुन से बने झाग की तुलना आसुत पानी में बने झाग से करेंगे। इसमें तीन सावधानियाँ रखनी होंगी —

1. तुलना के लिए पानी की बराबर-बराबर मात्रा ली जाए।

* *बाल वैज्ञानिक कक्षा 7, 1987 (थोड़ा संशोधित)*

2. साबुन के घोल की बराबर-बराबर बूँदें डाली जाएँ।

3. तुलना करते समय साबुन का घोल डालने के बाद पानी के हर नमूने को बराबर समय तक हिलाया जाए।

क्या तुम बता सकते हो कि ये तीनों सावधानियाँ रखना क्यों ज़रूरी है? (2)

दो परखनलियों को आसुत पानी से एक-तिहाई भरो। इसमें से एक में साबुन के घोल की 5-10 बूँदें डालकर हिलाओ। दूसरी परखनली में डिटर्जेंट के घोल की 5-10 बूँदें डालकर हिलाओ। इन दोनों का उपयोग हम तुलना के लिए करेंगे। इन्हें उपयुक्त लेबल लगाकर स्टैंड पर रख दो।

साबुन और डिटर्जेंट के लिए अलग-अलग ड्रॉपर का उपयोग करना।

अब दो परखनलियाँ और लो। एक पर 'क' और दूसरी पर 'ख' लेबल लगा दो। इन परखनलियों में हम बारी-बारी से पानी के अलग-अलग नमूनों की जाँच करेंगे।

सबसे पहले दोनों परखनलियों में नदी का पानी लो।

पानी कितना लोगे? (3)

परखनली 'क' में साबुन के घोल की उतनी ही बूँदें गिनकर डालो जितनी ऊपर आसुत पानी में डाली थी। परखनली 'ख' में इसी प्रकार डिटर्जेंट के घोल की उतनी ही बूँदें डालो जितनी तुलना हेतु लिए गए आसुत पानी में डाली थीं। इन्हें अच्छी तरह हिलाओ। देखो कितना झाग बना। तुलना के लिए रखी परखनलियों का झाग अब तक शायद बैठ चुका होगा। उन्हें फिर से हिलाओ। अब 'क' और 'ख' परखनली में बने झाग की तुलना आसुत पानी में बने झाग से करो।

परखनली 'क' में बने झाग की तुलना आसुत पानी में साबुन के घोल के साथ बने झाग से की जाएगी। परखनली 'ख' में बने झाग की तुलना आसुत पानी में डिटर्जेंट के घोल के साथ बने झाग से की जाएगी।

तुलना करते समय यह देखो कि 'क' और 'ख' परखनली में आसुत पानी की तुलना में कितना झाग बना है — ज़्यादा, बराबर या कम।

अपने परिणाम तालिका में निम्नानुसार भरो —

आसुत पानी से ज़्यादा या बराबर झागः धन चिह्न (+)

आसुत पानी से कम झागः ऋण चिह्न (-)

यह भी देखो कि हिलाने के बाद कोई अघुलनशील पदार्थ (अवक्षेप) तो नहीं बना है। इसे भी अपनी तालिका में लिख लो।

यही प्रयोग अब कुएँ और नल के पानी के साथ करो।

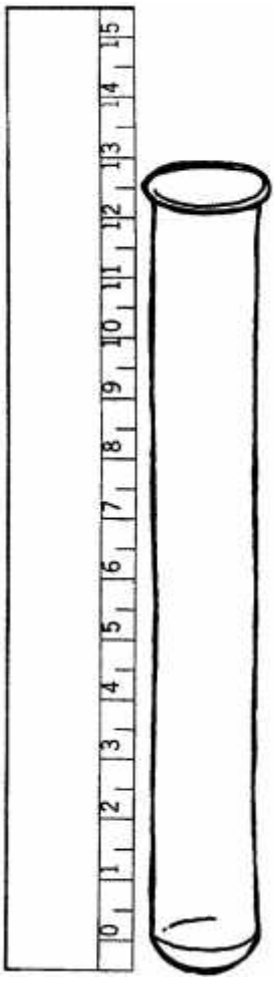
(हर बार अपनी परखनली धोना न भूलना)

डिटर्जेंट का घोल

बाज़ार में मिलने वाली कोई भी डिटर्जेंट टिकिया या पाउडर लेकर आसुत पानी (लगभग आधा बीकर) में घोल लें। यह घोल भी काफी गाढ़ा हो।

अब प्रयोग सामग्री तैयार है।

यदि बच्चे तुलनात्मक प्रयोगों के बारे में जानते हैं तो प्रश्न 2 का सटीक जवाब दे पाएँगे। यदि नहीं जानते तो प्रश्न 2 के सन्दर्भ में इस बात पर चर्चा होनी चाहिए कि जब हम तुलना करना चाहते हैं तो जिस चीज़ की तुलना हो रही है, उसके अलावा बाकी सारी चीज़ें समान रहनी चाहिए। प्रश्न 3 में इसी बात की पुष्टि की गई है।



बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 47

सारे परिणाम तालिका 1 में भर लो। (3)

तालिका 1

क्र.	नमूने का नाम	साबुन से प्रयोग		डिटर्जेंट से प्रयोग	
		आसुत पानी की तुलना में झाग की मात्रा	अवक्षेप बना या नहीं	आसुत पानी की तुलना में झाग की मात्रा	अवक्षेप बना या नहीं
1.	नदी का पानी				
2.	कुएँ का पानी				
3.	नल का पानी				
4.	....				
5.	....				

तालिका 1 पूरी भर लेने के बाद बच्चे विभिन्न स्रोतों के पानी का एक मोटा-मोटा समूहीकरण कर सकते हैं।

कैल्शियम बाईकार्बोनेट बहुत अस्थिर लवण है। सामान्यतः बाज़ार में मिलता नहीं है और मिलता भी है तो काफी विघटन हो चुका होता है। इसलिए बेहतर है कि प्रयोग के समय इसे बना लिया जाए। चूने के पानी में फूँक मारने से पहले तो दूधियापन आता है और फिर फूँक मारते रहें तो घोल साफ हो जाता है। दरअसल यही कैल्शियम बाईकार्बोनेट का घोल है। इस घोल का उपयोग प्रयोग 4 के लिए भी कीजिए।

प्रयोग 2

अब हम पानी के कुछ ऐसे नमूनों के साथ प्रयोग 1 की प्रक्रिया करेंगे जिसमें हमने अपनी मर्ज़ी से कुछ लवण घोले हैं। तालिका 2 में कुछ लवणों की सूची दी है। अपने प्रयोग के लिए बारी-बारी से इन लवणों का उपयोग करो।

परखनली 'क' और 'ख' को अच्छी तरह आसुत पानी से धो लो। इनमें एक-तिहाई आसुत पानी भरो। दोनों में चावल के एक दाने के बराबर लवण क्र. 1 (कैल्शियम क्लोराइड) डालो। अब परखनली 'क' में साबुन के घोल की बूँदें गिनकर डालो। परखनली 'ख' में डिटर्जेंट के घोल की बूँदें भी गिनकर डालो।

कितनी बूँदें डालोगे?

आसुत पानी से तुलना करके अपने परिणाम तालिका 2 में लिख लो जैसा कि प्रयोग 1 में किया था। (4)

तालिका 2

क्र.	आसुत पानी में घोला गया लवण	साबुन से प्रयोग		डिटर्जेंट से प्रयोग	
		आसुत पानी की तुलना में झाग की मात्रा	अवक्षेप बना या नहीं	आसुत पानी की तुलना में झाग की मात्रा	अवक्षेप बना या नहीं
1.	कैल्शियम क्लोराइड				
2.	सोडियम क्लोराइड				
3.	कैल्शियम सल्फेट				
4.	मैग्नीशियम सल्फेट				
5.	सोडियम कार्बोनेट				
6.	कैल्शियम बाईकार्बोनेट				

बारी-बारी से यह प्रयोग सभी लवणों के साथ करो।

तालिका 2 के आधार पर नीचे लिखे प्रश्नों के उत्तर दो।

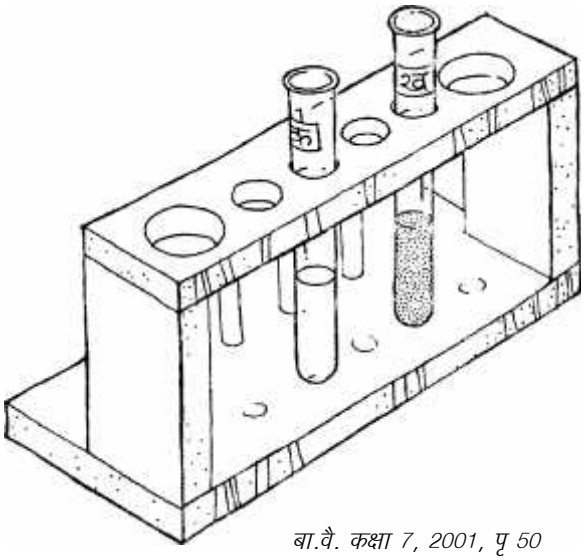
क्या सभी प्रकार के लवणों के घोल साबुन के साथ बराबर झाग देते हैं? (5)

जो पानी साबुन से खूब (यानी आसुत पानी के बराबर या ज़्यादा) झाग देता है उसे **मृदु पानी** कहते हैं।

जो पानी कम झाग देता है उसे **कठोर पानी** कहते हैं।

क्या आसुत पानी मृदु है? (6)

तालिका 1 के आधार पर विभिन्न स्रोतों के पानी के समूह बनाओ। (7)



बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 50

तालिका 2 के आधार पर लवणों का समूहीकरण करके तालिका 3 में लिख लो।

तालिका 3

पानी को कठोर न बनाने वाले लवण	पानी को कठोर बनाने वाले लवण	साबुन के साथ अवक्षेप बनाने वाले लवण
	सोडियम क्लोराइड पर विशेष ध्यान दें। अध्याय सम्बन्धी टिप्पणी देखें।	

कौन-कौन से लवण घुले होने पर पानी कठोर हो जाता है? (8)

क्या कोई ऐसे लवण भी हैं जिनके घुले होने के बावजूद पानी मृदु बना रहता है? (9)

क्या यह आवश्यक है कि मृदु पानी शुद्ध हो? (10)

वे कौन-से लवण हैं जिनके घुले होने से साबुन डालने पर अवक्षेप बनता है? (11)

क्या अवक्षेप पैदा करने वाले लवणों और पानी को कठोर बनाने वाले लवणों में कोई सम्बन्ध दिखता है? यदि हाँ, तो क्या? (12)

क्या कठोरता पैदा करने वाले और साबुन के साथ अवक्षेप बनाने वाले लवण एक ही हैं? (13)

क्या डिटर्जेंट हर प्रकार के पानी के साथ बराबर झाग देता है? (14)

क्या डिटर्जेंट के साथ किसी लवण ने अवक्षेप बनाया? (15)

क्या प्रश्नों के उत्तर के आधार पर तुम अवक्षेप बनने और झाग न बनने के आपसी सम्बन्ध पर कुछ कह सकते हो? शिक्षक से चर्चा करो।

- ये प्रश्न झाग न बनने और अवक्षेप बनने का सम्बन्ध स्थापित करते हैं। आप देखेंगे कि प्रश्न 12 जो बात पूछता है, प्रश्न 13 उसका एक सुराग प्रदान करता है।
- यदि प्रश्न 13 की चर्चा आगे बढ़ती है, तो यह बात उभरेगी कि दरअसल अवक्षेप साबुन और लवण की क्रिया से बनता है और जब अवक्षेप बन जाता है तो साबुन अघुलनशील हो जाता है और झाग पैदा करने का सवाल ही नहीं उठता। सारे लवण की साबुन से क्रिया हो जाने के बाद ही झाग बनता है। इसीलिए कठोर पानी में ज़्यादा साबुन खर्च होता है।
- प्रश्न 10 में चर्चा इस बात पर होगी कि शुद्ध से आशय यह है कि वह पानी सिर्फ पानी हो, उसमें कुछ और न मिला हो। बच्चों का ध्यान प्रश्न 9 के जवाब की ओर दिलाकर 'शुद्ध' और 'मृदु' के बीच अन्तर स्पष्ट किया जा सकता है।

- प्रयोग 3 इस अर्थ में थोड़ा मुश्किल है कि यदि आप शुरुआत बहुत कम पानी से करेंगे तो धीरे-धीरे इतना कम पानी बचेगा कि प्रयोग करना असम्भव हो जाएगा।
- दूसरी बात यह है कि यदि लवण थोड़ा भी अधिक हो गया तो कठोरता दूर करने में बहुत समय लगेगा।
- इसलिए बेहतर यह है कि आप करीब आधा बीकर पानी लें और एक राई के दाने के बराबर कैल्शियम क्लोराइड डालें।

झाग और अवक्षेप का सम्बन्ध: प्रयोग 3

दो बीकर 'क' और 'ख' को अच्छी तरह से साफ कर लो। बीकर 'क' को आसुत पानी से आधा भरो। इसमें चावल के दाने के बराबर कैल्शियम क्लोराइड डालो। अब इसमें साबुन के घोल की 20 बूँदें गिनकर डालो। इसे काँच की एक छड़ से हिलाओ।

क्या झाग बना? (16)

क्या अवक्षेप बना? (17)

इस पानी को बीकर 'ख' में छान लो। बीकर 'ख' में साफ घोल होना चाहिए। इसमें फिर से साबुन के घोल की 20 बूँदें डालकर हिलाओ।

क्या अब झाग बना? (18)

यदि अभी भी झाग नहीं बना तो इसी क्रिया को तब तक दोहराओ जब तक कि अवक्षेप बनना बन्द न हो जाए। अब फिर साबुन के घोल की कुछ बूँदें डालो।

बच्चों को बार-बार यह याद दिलाना होगा कि तुलनाएँ आसुत पानी में बने झाग से करनी हैं।

क्या अब झाग बना? (19)

यदि अब इसमें झाग बनता है तो इसका मतलब यह है कि जो लवण (कैल्शियम क्लोराइड) हमने आसुत जल में घोला था वह बीकर 'ख' में नहीं है।

क्या तुम बता सकते हो कि अवक्षेप में क्या रहा होगा? (20)

क्या तुम बता सकते हो कि कठोर पानी में ज़्यादा साबुन क्यों खर्च होता है? (21)

आप चाहें तो अभ्यास के सवाल 4 व 5 की चर्चा प्रयोग 3 के बाद कर सकते हैं।

दो तरह की कठोरता: प्रयोग 4

कठोरता दो तरह की होती है। इसे देखने के लिए पहले निम्नलिखित प्रयोग करो। यह प्रयोग हम सारे लवणों के साथ नहीं बल्कि सिर्फ दो लवणों — कैल्शियम क्लोराइड और कैल्शियम बाईकार्बोनेट — के साथ करके देखेंगे।

दो परखनलियाँ लो। इन पर 'क' और 'ख' लेबल लगा लो। दोनों में एक-तिहाई आसुत पानी भरो। एक परखनली में एक चावल के दाने के बराबर कैल्शियम क्लोराइड डालो। तालिका 2 में देखो कि क्या यह पानी कठोर है या मृदु। अब इस पानी को उबालो। उबालने के बाद ठण्डा होने पर यदि इसकी तली में कुछ पदार्थ बैठ जाता है तो पानी को एक दूसरी परखनली में छान लो। छने हुए पानी में साबुन के घोल की कुछ बूँदें डालकर हिलाओ।

क्या कैल्शियम क्लोराइड के घोल को उबालने से उसकी कठोरता दूर हो गई? (22)

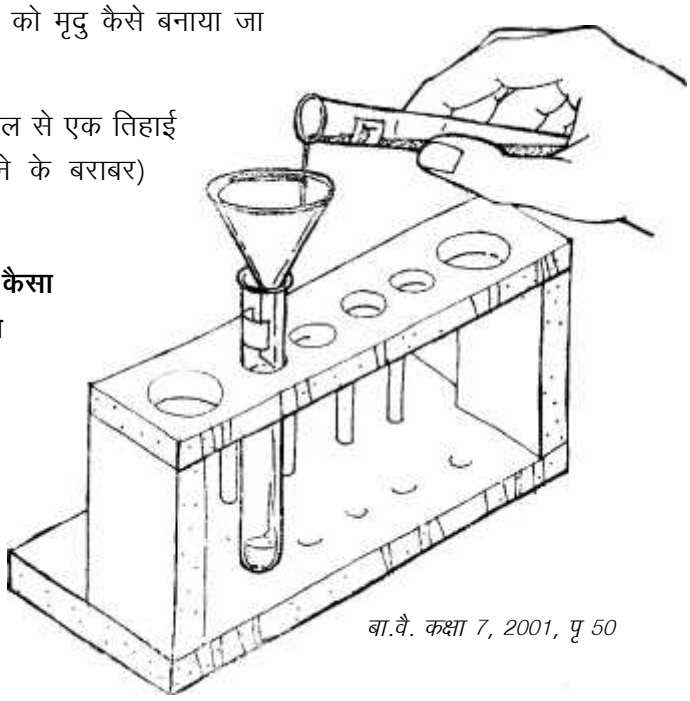
यही क्रिया दूसरी परखनली में कैल्शियम बाईकार्बोनेट के साथ भी दोहराओ।

क्या कैल्शियम बाईकार्बोनेट के घोल को उबालने से उसकी कठोरता दूर हो गई? (23)

इस प्रयोग से हम देख सकते हैं कि कुछ लवणों से उत्पन्न कठोरता उबालने से दूर हो जाती है। ऐसी कठोरता को **अस्थाई कठोरता** कहते हैं। जो कठोरता उबालने के बाद भी दूर नहीं होती उसे **स्थाई कठोरता** कहते हैं।

कठोर पानी को मृदु बनाने की रासायनिक विधिः प्रयोग 5

आओ अब देखते हैं कि रासायनिक विधि से कठोर पानी को मृदु कैसे बनाया जा सकता है।



बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 50

दो परखनलियाँ ('क' और 'ख') लो। दोनों को आसुत जल से एक तिहाई भरो और दोनों में चम्मच से ज़रा-सा (चावल के दाने के बराबर) कैल्शियम क्लोराइड डालो।

अब 'क' और 'ख' परखनलियों का आसुत पानी कैसा पानी हो गया — कठोर या मृदु? प्रयोग 2 के अवलोकन के आधार पर बताओ। (24)

अब 'ख' परखनली में थोड़ा-सा सोडियम कार्बोनेट (कपड़े धोने का सोडा) डालो और हिलाओ।

क्या 'ख' परखनली में साफ घोल बन गया? (25)

यदि नहीं तो इसे एक और परखनली में छानकर उस परखनली पर 'ख' लिख लो।

अब 'क' और 'ख' परखनलियों में 8-8 बूँदें साबुन के घोल की डालो और हिलाओ। झाग की मात्रा देखो और दोनों की तुलना करो।

क्या 'क' और 'ख' परखनलियों में बराबर झाग बना? (26)

यदि नहीं तो किस परखनली में अधिक झाग बना? (27)

इस परखनली में अधिक झाग क्यों बना? (28)

इन अवलोकनों से तुम क्या निष्कर्ष निकालते हो? (29)

यदि कपड़े धोते समय अधिक साबुन खर्च हो रहा है तो तुम क्या करोगे? (30)

सोडियम कार्बोनेट को कपड़े धोने का सोडा क्यों कहते हैं? (31)

क्या अभी तक किए प्रयोगों के आधार पर तुम और कोई विधि सुझा सकते हो जिससे कठोर पानी को मृदु बनाया जा सके? (32)

अभ्यास के सवाल

1. इस अध्याय में किए गए प्रयोगों के आधार पर बताओ कि क्या मृदु पानी सदैव शुद्ध ही होता है?
2. घर पर हम जो नमक खाते हैं उसका रासायनिक नाम सोडियम क्लोराइड है। क्या पानी में नमक घोलने से पानी कठोर हो जाएगा?

3. कठोरता दो तरह की होती है। एक किस्म की कठोरता पानी को उबालने से दूर हो जाती है या कम हो जाती है। अपने आसपास के कुएँ, तालाब, नदी आदि के पानी की जाँच करके पता लगाओ कि उनकी कठोरता उबालकर दूर या कम की जा सकती है या नहीं।

4. कई क्षेत्रों में देखा गया है कि जिस बरतन में पानी उबाला जाता है उसमें सफेद-सा पदार्थ जमा हो जाता है। क्या इस अवलोकन के आधार पर वहाँ के पानी के बारे में कुछ कहा जा सकता है?

5. कुछ समय पहले तक रेलगाड़ियों में भाप के इंजिन लगते थे। इन इंजिनों में एक बड़ी-सी टंकी (बॉयलर) में पानी को उबालकर भाप बनाई जाती थी और फिर उस भाप की ताकत से इंजिन चलता था। ताप बिजलीघरों में भी ऐसा ही किया जाता है। सवाल यह है कि यदि भाप के इंजिन या ताप बिजलीघरों के बॉयलर में हमेशा अस्थाई कठोर पानी भरा जाए तो उनके कामकाज पर क्या असर होगा। और यदि बॉयलर में स्थाई कठोर पानी का उपयोग किया जाए तो क्या असर होगा? इस बारे में कक्षा में चर्चा करो और चर्चा का सार अपने शब्दों में लिखो।

6. कठोरता की जाँच करना तो तुम सीख ही चुके हो। यह पता लगाओ कि क्या निम्नलिखित चीज़ें डालने पर पानी कठोर होता हैः

   क. चॉक का चूरा

   ख. राख

   ग. शक्कर

   घ. काली चाय

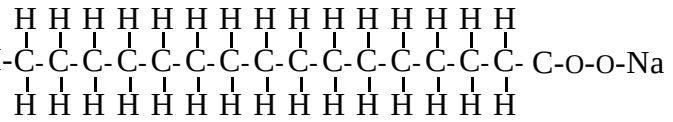
7. इस अध्याय के प्रयोग 2 में विभिन्न लवणों के घोल बनाने के लिए आसुत पानी का उपयोग क्यों किया गया था? क्या नल का पानी लेकर प्रयोग नहीं किया जा सकता था? कारण सहित उत्तर दो।

❖ ❖

पानी की कठोरता – सिर्फ झाग की समस्या नहीं*

पानी की कठोरता एक ऐसा गुण है जिसे परखना काफी आसान है। जब किसी पानी में साबुन झाग न दे तो वह पानी कठोर है। जब पानी और झाग की बात होती है तो कई सवाल उठते हैं; जैसे झाग क्या है, क्यों बनता है, वैसे ही पानी हिलाएँ तो झाग क्यों नहीं बनता, साबुन में ऐसी क्या बात है कि वह झाग बनाता है, और कौन-सी ऐसी झाग बनाने वाली चीज़ें हैं वगैरह। प्रश्नों का दूसरा समूह है कि सफाई में झाग का क्या महत्व है, कठोर पानी झाग क्यों नहीं देता वगैरह। प्रश्न का तीसरा समूह यह है कि क्या कठोर पानी में कोई अन्य गुणधर्म भी है। जैसे क्या दाल पकने और झाग बनने का आपसी सम्बन्ध है, और अन्त में सवाल आता है कि कहीं का पानी कठोर हो तो क्या करें। किन्तु झाग से इस लेख का सम्बन्ध मात्र इतना है कि झाग कठोरता की पहचान के लिहाज़ से उपयोगी है। पानी में कठोरता मूलतः कैल्शियम व मैग्नीशियम के लवणों के कारण उत्पन्न होती है। इनमें से कुछ लवण पानी में पर्याप्त घुलनशील हैं जबकि कुछ अत्यल्प मात्रा में घुलनशील हैं।

सामान्य स्तर पर बात करें तो कहेंगे कि द्वितुल्यांकी धातुओं (कैल्शियम, मैग्नीशियम, स्ट्रॉन्शियम और बेरियम) के लवण पानी में कठोरता पैदा करते हैं। इसका कारण समझने के लिए हमें साबुन की रचना को देखना होगा। साबुन दरअसल लम्बी शृंखला वाले वसीय अम्लों के सोडियम लवण हैं। लम्बी शृंखला का मतलब है 14-18 कार्बन से बनी शृंखला।



साबुन का एक अणु।

जब पानी में कठोरता-जनक लवण उपस्थित होते हैं तो कैल्शियम या मैग्नीशियम सोडियम की जगह ले लेते हैं। दूसरे शब्दों में, हमें वसीय अम्ल के कैल्शियम या मैग्नीशियम लवण प्राप्त होते हैं। ये लवण अघुलनशील हैं और झाग नहीं दे पाते। इनके अघुलनशील होने की वजह से ही साबुन फट जाता है।

तरह-तरह की कठोरता

अलग-अलग लवणों के घुले होने के कारण अलग-अलग कठोरता उत्पन्न होती है। कठोरता का वर्गीकरण करने का महत्व यह है कि अलग-अलग किस्म की कठोरता अलग-अलग ढंग से प्रभाव डालती है और कई बार उससे निपटने के तरीके भी अलग-अलग होते हैं।

सर्वप्रथम तो कुल कठोरता की बात कर लें। पानी में उपस्थित कुल कैल्शियम, मैग्नीशियम लवणों की मात्रा को हम उसकी कुल कठोरता कहते हैं। यहाँ समस्या यह उठती है कि इन दो धातुओं के तमाम किस्म के लवण पानी में घुले हो सकते हैं। फिर उनकी कुल मात्रा कैसे बताएँ क्योंकि मैग्नीशियम के किसी लवण की 0.5 ग्राम और कैल्शियम के किसी लवण की 0.5 ग्राम मात्रा वज़न में तो बराबर है किन्तु कठोरता की दृष्टि से ये दोनों बराबर नहीं हैं।

एक उदाहरण से इस बात को समझ लेते हैं। मान लीजिए हमारे पास पानी के दो नमूने हैं 'क' और 'ख'। दोनों 1-1 लीटर हैं। 'क' नमूने में 0.5 ग्राम कैल्शियम क्लोराइड और 'ख' नमूने में 0.5 ग्राम मैग्नीशियम सल्फेट घोला गया है। क्या दोनों नमूनों की कठोरता एक समान होगी? मान लीजिए कि हम साबुन का एक घोल बना लेते हैं। अब 'क' व 'ख' दोनो में बूँद-बूँद करके यह घोल डालते हैं। साबुन के साथ लवणों की क्रिया होगी। जब तक लवण शेष हैं तब तक झाग नहीं बनेगा। क्या दोनों घोलों में लवण को समाप्त करने के लिए बराबर-बराबर साबुन लगेगा?

यदि दोनों में बराबर साबुन नहीं लगता तो हम कहेंगे कि

**शैक्षिक संदर्भ, अगस्त-सितम्बर 2000*

दोनों घोल में कठोरता की मात्रा अलग-अलग है। सचमुच होता भी यही है। ऐसी स्थिति में यह कहने का कोई अर्थ नहीं है कि दोनों घोल की कठोरता 0.5 ग्राम प्रति लीटर है।

तो कैसे व्यक्त करें कठोरता की मात्रा? इसका एक तरीका खोजा गया है। हम कठोरता को मात्र कैल्शियम कार्बोनेट की मात्रा के रूप में व्यक्त करते हैं — चाहे उस पानी में कठोरता किसी भी लवण की वजह से हो।

तुलनात्मक दृष्टि से देखें तो हमें यह पता लगाना होगा कि कठोरता के लिहाज़ से किसी लवण की कितनी मात्रा एक ग्राम कैल्शियम कार्बोनेट के बराबर है।

उदाहरण के लिए:

1 ग्राम कैल्शियम कार्बोनेट

= 1.62 ग्राम कैल्शियम बाईकार्बोनेट

= 1.2 ग्राम मैग्नीशियम सल्फेट

यदि 1 लीटर पानी में 0.5 ग्राम मैग्नीशियम सल्फेट घुला है तो उसकी कठोरता 0.41 ग्राम कैल्शियम कार्बोनेट के बराबर होगी। तो अब हम समस्त कठोरता को ग्राम कैल्शियम कार्बोनेट प्रति लीटर या मिलीग्राम कैल्शियम कार्बोनेट प्रति लीटर जैसी इकाइयों में व्यक्त कर सकते हैं।

मिलीग्राम प्रति लीटर में व्यक्त करना ज़्यादा सुविधाजनक है क्योंकि प्रायः कठोरता मिलीग्राम रेंज में होती है। इसका एक फायदा और भी होता है। 1 लीटर पानी यानी 1किलोग्राम पानी = 1000 ग्राम = 10^6 मिलीग्राम। इसलिये यदि 10^6 (1 मिलियन मिलीग्राम) पानी में x मिलीग्राम कठोरता है तो इसे सीधे-सीधे अंश प्रति मिलियन (पी.पी.एम. - पार्ट्स पर मिलियन) भी कह सकते हैं।

संक्षेप में, ध्यान रखने की बात यह है कि कठोरता को हम कैल्शियम कार्बोनेट के रूप में व्यक्त करते हैं। जो भी लवण कठोरता उत्पन्न करते हों उन सबके द्वारा उत्पन्न कठोरता को कैल्शियम कार्बोनेट की इकाई में व्यक्त किया जाए तो यह कुल कठोरता हुई। इसके बाद आते हैं कठोरता के वर्गीकरण पर।

स्थाई-अस्थाई कठोरता

मान लीजिए हम किसी पानी की कठोरता नाप लें (कैल्शियम कार्बोनेट की इकाई में)। इसका यह मतलब नही है कि उस पानी में सिर्फ कैल्शियम कार्बोनेट के कारण कठोरता पैदा हो रही है। अब इस पानी को कुछ समय उबालकर ठण्डा करके छान लेते हैं। और फिर उसकी कठोरता नापते हैं। मान लीजिए कठोरता कम हो जाती है। जो कठोरता पानी को उबालने के बाद भी बची रहे उसे स्थाई कठोरता कहते हैं। और उबालने पर जो दूर हो जाए उसे अस्थाई कठोरता कहते हैं।

अस्थाई कठोरता कैल्शियम, मैग्नीशियम के बाईकार्बोनेट लवणों के कारण होती है। ये लवण काफी अस्थिर प्रकृति के होते हैं तथा गरम करने या उबालने पर विघटित होकर कार्बोनेट में तब्दील हो जाते हैं। कार्बोनेट अघुलनशील होने के कारण अवक्षेपित हो जाता है।

जो कठोरता कार्बोनेट व बाईकार्बोनेट की उपस्थिति की वज़ह से होती है, उसे कार्बोनेट कठोरता कहते हैं। इसके अतिरिक्त शेष कठोरता को गैर-कार्बोनेट कठोरता कहते हैं।

कठोरता के असर

घरेलू व औद्योगिक उपयोग के लिए कठोर पानी का उपयोग करें तो कई समस्याएँ आती हैं। इनमें से एक समस्या से तो सभी परिचित हैं। वह समस्या है कपड़े धोने की। ऐसा बताते हैं कि यदि पानी में 350 मि.ग्रा. प्रति लीटर कठोरता हो, तो प्रति लीटर पानी पर आपको लगभग ढाई ग्राम साबुन ज़्यादा खर्च करना होगा। लगातार कठोर पानी में धोए जाने पर कपड़े चलते भी कम हैं। बताते हैं कि कपड़ा कैल्शियम व मैग्नीशियम के लवण अवशोषित करता है, इस वज़ह से रेशे खराब हो जाते हैं।

बहरहाल, कपड़े धोने की समस्या का समाधान तो डिटर्जेंट ने कर दिया है। इसलिए इस पर ज़्यादा सिर खपाने की ज़रूरत नहीं है। ऐसी भी रिपोर्ट है कि कठोर पानी में खाना पकने में समय ज़्यादा लगता है। मांसाहारियों के लिए बुरी खबर यह है कि कठोर पानी में मांस पकाने में एक दिक्कत यह है कि मांस का जो प्रोटीन निकलकर पानी में आता है वह अघुलनशील हो जाता है तथा शरीर में इसका पाचन नहीं हो पाता। वैसे यह कितनी हद तक होता है कहना मुश्किल है।

जब कठोरता के स्वास्थ्य सम्बन्धी असर की बात चली है तो यह कहना मुनासिब है कि इस बात के कोई व्यवस्थित

अध्ययन नहीं हुए हैं। कई वर्ष पूर्व एक अध्ययन हुआ था जिसमें निष्कर्ष यह था कि अत्यधिक मृदु पानी पीने वाले लोगों में हृदय रोग थोड़े ज़्यादा होते हैं। किन्तु अध्ययनकर्ताओं ने साथ ही यह भी कहा था कि इसका मतलब यह नहीं कि सप्लाई से पूर्व पानी को कठोर बनाया जाए।

औद्योगिक दृष्टि से देखें तो पानी की कठोरता एक प्रमुख समस्या के रूप में सामने आती है। आप जानते ही हैं कि उद्योगों में पानी का काफी इस्तेमाल होता है। कई उद्योगों में बॉयलर लगे होते हैं जहाँ पानी को उबाला जाता है।

सबसे पहली समस्या तो यह आती है कि कठोर पानी का उपयोग किया जाए तो बॉयलर की दीवार पर एक पपड़ी जमा होने लगती है। यह वैसे तो आम अनुभव भी है। मसलन होशंगाबाद तथा नर्मदा किनारे के अन्य शहरों-गाँवों में जिस बरतन में पानी उबाला जाता हैं उसमें एक सफेद पपड़ी जम जाती है। यह पपड़ी प्रायः अस्थाई कठोरता की वजह से बनती है। भद्दी दिखने के अलावा इस पपड़ी के कई अन्य असर हैं।

पहली समस्या यह है कि यह पपड़ी कैल्शियम बाईकार्बोनेट के विघटन से बने कैल्शियम कार्बोनेट की होती है जिसकी वज़ह से बॉयलर में ईंधन की खपत बढ़ जाती है।

दूसरी समस्या है — चूँकि पपड़ी ऊष्मा की कुचालक होती है इसलिए उसके नीचे धातु अत्यधिक गरम हो जाती है। इसे सुपर हीटिंग कहते हैं। यदि पपड़ी एक समान मोटाई की न हो तो बॉयलर व ट्यूब में जगह-जगह पर फफोले बनने लगते हैं व दरारें पड़ने लगती हैं।

तीसरी समस्या — पपड़ी में कई जगह दरारें होती हैं और भाप इनमें घुस जाती है और बॉयलर के लोहे से क्रिया करती है, जिससे हाइड्रोजन उत्पन्न होती है। यदि पानी में

कठोरता दूर करने की रासायनिक विधियाँ

पानी में अगर बुझा हुआ चूना डाला जाए तो कैल्शियम और मैग्नीशियम के लवण उससे क्रिया करके अवक्षेपित हो जाते हैं। आपने शायद ध्यान न दिया हो मगर ध्यान देने की बात है कि बुझा हुआ चूना वास्तव में कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड होता है। यानी आप पानी में से कैल्शियम-मैग्नीशियम को दूर करने के लिए ऊपर से कैल्शियम डाल रहे हैं। लिहाज़ा कितना चूना डाला (लगाया!) जाए इसका आकलन बहुत सावधानी से करना होता है, अन्यथा कठोरता घटने की बजाय बढ़ सकती है। पूरी प्रक्रिया में चूना डालने के बाद अवक्षेप को हटाना एक पेचीदा तकनीकी काम है। अभी हम इसकी टेक्नॉलॉजी में नहीं जा रहे हैं। रासायनिक क्रियाएँ निम्नानुसार हैं:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

इस विधि में मुख्यतः कैल्शियम कठोरता दूर की जाती है। यदि कठोरता गैर-कार्बोनेट किस्म की है तो ऐसे पानी में कपड़े धोने का सोडा भी डालना होता है:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

लगभग यही असर कॉस्टिक सोडा ($NaOH$) से भी हासिल किया जा सकता है।

$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 4NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2Na_2CO_3 + 2H_2O$$

इन क्रियाओं में कपड़े धोने का सोडा (Na_2CO_3) बनता है। यह अन्य गैर-कार्बोनेट कठोरता को दूर कर देता है।

परन्तु ऊपर वर्णित विधियों की एक समस्या है। आपने भी गौर किया होगा कि इनमें कठोरता जनक लवणों का स्थान अन्य लवण ले लेते हैं। अतः पानी की कठोरता तो दूर हो जाती है लेकिन लवणों की कुल मात्रा कम नहीं होती। यदि कठोरता दूर करने के साथ-साथ लवणों की कुल सान्द्रता भी कम करनी है तो इसके लिए बेरियम हाइड्रॉक्साइड का इस्तेमाल किया जाता है। परन्तु बेरियम के लवण बहुत महँगे होते हैं।

सल्फेट लवण हैं तो हाइड्रोजन इनसे क्रिया करके हाइड्रोजन सल्फाइड बनाती है जो बॉयलर को क्षति पहुँचाती है।

लिहाज़ा कठोर पानी का उपयोग करें तो समय-समय पर बॉयलर को बन्द करके पपड़ी खुरचना होती है। बॉयलर को बन्द करके फिर से चालू करना भी काफी खर्चीला काम है।

कठोरता पैदा करने वाले लवणों में मैग्नीशियम के लवण भी होते हैं। मैग्नीशियम लवणों के जल अपघटन से पानी की अम्लीयता बढ़ती है। दूसरे शब्दों में, पानी में हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता बढ़ती है। ये हाइड्रोजन आयन बॉयलर को क्षति पहुँचाते हैं।

कठोरता से निपटना

अव्वल तो यदि किसी स्रोत का पानी अत्यन्त कठोर है तो बेहतर होगा कि पानी का अन्य स्रोत तलाश लिया जाए। कठोर पानी को बड़े पैमाने पर मृदु बनाना काफी खर्चीला सौदा है। भाप इंजिनों के ज़माने में यही किया जाता था कि इंजिन में पानी भरने के स्थान सावधानीपूर्वक चुने जाते थे। उस समय देश के कई स्टेशनों का महत्व मात्र पानी की मृदुता के कारण था। कठोरता दूर करने की कई भौतिक व रासायनिक विधियाँ उपलब्ध हैं (रासायनिक विधियाँ पिछले पृष्ठ पर बॉक्स में देखें)।

एक भौतिक विधि की चर्चा तो प्रकारान्तर से हो ही चुकी है। यदि पानी को गरम किया जाए तो बाईकार्बोनेट कठोरता कम की जा सकती है।

इसके अलावा एक विधि आयन आदान-प्रदान की भी है। ऐसे आयन विनिमय पदार्थ उपलब्ध हैं जो कैल्शियम व मैग्नीशियम के आयनों को सोखकर उनके बदले पानी में अन्य आयन घोल देते हैं। इस विधि का इस्तेमाल करके भी पानी को मृदु बना सकते हैं।

❖ ❖

हवा के खेल, गैसें, श्वसन

इन तीन अध्यायों को एक साथ रखने का आशय यह है कि इन्हें एक के बाद एक करना उपयोगी होता है। जब तक बच्चे हवा के गुणधर्मों से परिचित नहीं हैं तब तक गैसों की बात करना मुश्किल होता है। और श्वसन की चर्चा कार्बन डाईऑक्साइड व ऑक्सीजन के साथ-साथ ऑक्सीकरण व दहन की समझ से जुड़ी ही है। इसलिए *बाल वैज्ञानिक* में इन अध्यायों को इसी क्रम में रखा गया था हालाँकि पुस्तक में ये एक के बाद एक नहीं आते थे।

हवा के खेल

आम तौर पर पदार्थ की तीन अवस्थाएँ प्रत्येक पाठ्यक्रम का अंग होती हैं। इन अवस्थाओं के गुणधर्म गिनाकर मामले को निपटा हुआ मान लिया जाता है। मगर यह बात कई अध्ययनों में उभरी है कि बच्चे गैस अवस्था को समझने में बहुत दिक्कतों का सामना करते हैं। इसका एक कारण तो यह है कि गैसें प्रायः अदृश्य होती हैं। एक और कारण यह है कि उनका मापतौल भी आसान नहीं होता। जैसे गैसों का घनत्व बहुत कम होता है, जिसकी वजह से उन्हें तौलना असम्भव नहीं तो कठिन ज़रूर होता है। इसी प्रकार से उन्हें किसी बरतन में भरकर रखना भी मुश्किल होता है। और यदि किसी बरतन में गैस भरी है तो यह बताना बहुत कठिन होता है कि बरतन भरा है। यदि किसी बरतन में कोई चीज़ भरी है तो उसमें दूसरी चीज़ भरने में दिक्कत होनी चाहिए मगर 'हवा भरे गिलास' में पानी भरने में तो कोई परेशानी नहीं होती। तो कैसे मानें कि वह गिलास 'भरा' था। इस तरह की कठिनाइयों के चलते गैसीय अवस्थाओं को समझना कठिनाइयाँ प्रस्तुत करता है और इन्हीं सब कठिनाइयों को देखते हुए *बाल वैज्ञानिक* में 'हवा के खेल' नामक अध्याय विकसित किया गया था।

इस अध्याय में हवा को 'देखने' के कई तरीके अपनाए गए हैं। बच्चों का सम्पर्क ऐसे अनुभवों से कराया गया है जिनकी व्याख्या के लिए हवा की उपस्थिति को स्वीकार करना होता है। इसके बाद हवा (यानी गैसीय अवस्था) के विभिन्न गुणधर्मों को उजागर करते प्रयोग हैं। जैसे यह महत्वपूर्ण गुणधर्म सरल प्रयोगों के माध्यम से उभारा गया है कि द्रवों के विपरीत हवा (गैस) को दबाया व फैलाया जा सकता है। हवा का आयतन नापने के प्रयोग भी किए गए हैं। गर्मी पाकर हवा के प्रसार दर्शाने के प्रयोग और हवा के दबाव सम्बन्धी कुछ प्रयोग भी शामिल हैं।

ऐसी उम्मीद है कि इस तरह के प्रयोग करने के बाद बच्चे हवा को एक पदार्थ के रूप में पहचानने लगेंगे और इससे उन्हें गैसों को भी पदार्थ मानने में आसानी होगी।

एक रोचक तथ्य यह है कि रासायनिक अभिक्रियाओं की समग्र समझ बनने में इस बात को स्वीकार करने का निर्णायक महत्व रहा है कि गैसें भी पदार्थ हैं और अभिक्रियाओं के नापतौल में उन्हें भी शामिल करना ज़रूरी है। गैसों को एकत्रित करके नापतौल करने की विधियों का विकास करीब 250 साल पहले हुआ था। उससे पहले होता यह था कि रासायनिक क्रियाओं के दौरान कई बार या तो गैस अभिकारक के रूप में शामिल होती थी या फिर उत्पाद के रूप में, मगर गैस अवस्था की कोई स्पष्ट समझ न होने के कारण क्रिया के दौरान गैसों का हिसाब नहीं रखा जाता था। इसके परिणामस्वरूप कई रासायनिक क्रियाओं, खासकर दहन की प्रकृति को स्पष्ट होने में बहुत समय लगा था। इसलिए गैसों को बतौर पदार्थ समझ पाना काफी ज़रूरी है। इससे यह भी स्पष्ट हो जाता है कि रसायन सम्बन्धी इस पुस्तक में 'हवा' जैसे भौतिक शास्त्र के अध्याय को क्यों शामिल किया गया है।

गैसें

दो अध्याय हैं जिनमें बच्चे चार गैसें बनाकर उनके गुणधर्मों की जाँच करते हैं — कार्बन डाईऑक्साइड, ऑक्सीजन, अमोनिया और हाइड्रोजन। इन प्रयोगों के लिए शिक्षक को पहले से काफी तैयारी कर लेनी होती है ताकि बच्चे उलझे

बगैर गैसें बनाने व जाँचने का काम कर सकें। यह शुरू में ही स्पष्ट कर देना शायद उचित होगा कि जब कोई भी गैस बनाई जाएगी तो उसकी कौन-कौन-सी जाँच करेंगे ताकि समस्त परीक्षणों की तैयारी रहे। एक बार गैस बनना शुरू होने के बाद यहाँ-वहाँ भागना ठीक नहीं।

उपरोक्त चारों में से कोई भी गैस ऐसी नहीं है जो व्यक्ति को नुकसान पहुँचाए। हाँ, अमोनिया तेज़ गन्ध वाली गैस होती है और कभी-कभी बन्द कमरे में बहुत ज़्यादा एकत्रित हो जाए तो थोड़ी तकलीफ हो सकती है। बेहतर होगा कि अमोनिया से सम्बन्धित प्रयोग किसी हवादार खुले स्थान (जैसे स्कूल के बरामदे) में किए जाएँ।

चार गैसों में से एक अम्लीय है, एक क्षारीय है और दो उदासीन हैं। दो को पानी के विस्थापन से एकत्रित किया जाता है, एक को हवा के विस्थापन से जबकि चौथी को एकत्रित नहीं किया जाता। वैसे अमोनिया और कार्बन डाईऑक्साइड को भी द्रव के विस्थापन से एकत्रित किया जा सकता है — मगर द्रव के रूप में पानी नहीं बल्कि किसी ऐसे द्रव का उपयोग करना होगा जिसमें ये गैसें न घुलती हों। जोसेफ प्रिस्टले ने गैसों को पारे के विस्थापन से एकत्र करने की विधि विकसित की थी। एक गैस खुद जलती है, एक जलने में सहायक है, एक चीज़ों को बुझा देती है जबकि एक का जलने से कोई सम्बन्ध नहीं है। इस तरह से ये चार गैसें काफी विविधता प्रदर्शित करती हैं।

अब तक बच्चों ने रासायनिक क्रियाओं को घोल के रूप में ही होते देखा होगा। यह पहली बार होगा जब वे गैस रूप में क्रियाएँ होते देखेंगे।

इसी अध्याय में वे दहन की क्रिया का अध्ययन भी करेंगे। इसमें ऑक्सीजन और कार्बन डाईऑक्साइड के परस्पर सम्बन्ध पर भी कुछ प्रयोग किए जाएँगे। दहन (या सामान्य तौर पर ऑक्सीकरण) की क्रिया को समझना रसायन शास्त्र में निर्णायक मोड़ माना जाता है। विज्ञान के कई इतिहासकारों ने तो इसे रासायनिक क्रान्ति की संज्ञा भी दी है।

श्वसन

रासायनिक स्तर पर देखें तो श्वसन और कुछ नहीं ऑक्सीजन की मदद से कार्बोहाइड्रेट व कभी-कभार अन्य कार्बनिक पदार्थों का ऑक्सीकरण करना ही है। इस क्रिया में कार्बन डाईऑक्साइड पैदा होती है। इसलिए कई पाठ्यपुस्तकों में श्वसन को धीमा दहन भी कहा जाता है। यह काफी भ्रामक उपमा है क्योंकि श्वसन में न तो कोई लौ पैदा होती है, न धुआँ। यह कहना सही नहीं है कि हमारे शरीर के अन्दर आग लगी हुई है। हाँ, श्वसन के दौरान ऊष्मा ज़रूर पैदा होती है।

इस अध्याय में श्वसन को लेकर कई छोटे-छोटे प्रयोग हैं जिनकी मदद से श्वसन को समझने की कोशिश होती है। इनमें श्वसन दर को नापना, श्वसन की अनुपस्थिति का प्रत्यक्ष असर, कसरत का श्वसन दर पर असर, साँस में हवा की मात्रा वगैरह शामिल हैं। एक महत्वपूर्ण प्रयोग का सम्बन्ध इस बात से है कि जो हवा हम साँस में लेते हैं और जो हवा हम छोड़ते हैं, उनके बीच क्या अन्तर होता है। इसके आधार पर कुछ अन्दाज़ लगाया जा सकता है कि जब हवा शरीर में जाती है तो उसका क्या होता होगा।

एक बार जब यह स्पष्ट हो जाता है कि हवा में कार्बन डाईऑक्साइड की मात्रा में वृद्धि श्वसन का द्योतक है, तो कुछ प्रयोग पेड़-पौधों तथा बीजों के श्वसन को लेकर भी किए जाते हैं।

❖ ❖

हवा के खेल*

बैसाख-जेठ की गरम हवाओं के बाद पानी भरी हवाएँ तुम्हें ज़रूर याद होंगी। और जाड़ों की रातों में उसी हवा से हड्डियों तक को ठण्ड लगती है। हवा की दिशा में साइकिल चलाएँ तो ज़्यादा मेहनत नहीं करनी पड़ती परन्तु सामने की हवा हो तो बहुत ज़ोर लगाना पड़ता है। यही आँधी धूल, कंकड़ से आकाश भर देती है और कभी-कभी तो बड़े-बड़े पेड़ तक उखाड़ फेंकती है।

हवा के कई ऐसे कारनामे तुम्हारे दिमाग में ज़रूर आ रहे होंगे।

हवा होने का पता तुम्हें और किन-किन बातों से चलता है? (1)

परन्तु अगर हवा ज़रा भी न बह रही हो तो तुम कैसे पहचानोगे कि किसी स्थान पर हवा है या नहीं? एक ऐसे पेड़ के नीचे जिसकी एक भी पत्ती नहीं हिल रही? एक कमरे में? खाली गिलास में? एक बन्द बोतल में? एक काँच की नली में?

तुम्हें क्या लगता है खाली बोतल या गिलास में हवा है या नहीं? इस बात का फैसला करने का कोई तरीका भी बताओ। (2)

इस अध्याय में हवा के कुछ प्रयोग करेंगे। इन प्रयोगों से हम हवा के बारे में कुछ बातें सीखेंगे। हम हवा को देख तो नहीं सकते किन्तु कुछ ऐसे प्रयोग कर सकते हैं जिनसे हमें हवा के बारे में पता चलता है। है ना मज़ेदार बात!

प्रश्न 1 व 2 बच्चों से हवा की उपस्थिति के प्रमाण की अपेक्षा करते हैं। ज़रूरी नहीं कि वे सधे-सधाए प्रमाण प्रस्तुत करें।

हवा कहाँ है, कहाँ नहीं: प्रयोग 1

यदि तुम गिलास को पानी में डुबाओ तो क्या भर जाएगा?

तुम कहोगे यह तो रोज़ की बात है। हम गिलास को पानी में डुबाकर भर लेते हैं। परन्तु ज़रा नीचे दिए गए तरीके से गिलास को पानी में डुबाकर देखो।

एक गिलास में कागज़ ठूँसो और पेंदे तक खिसका दो (चित्र 1)। गिलास को एकदम औंधा करके पानी से भरी बाल्टी में पेंदे तक ले जाओ। यानी गिलास औंधा ही पानी में डूब जाना चाहिए।

चित्र 1

* *बाल वैज्ञानिक कक्षा 7, 2001*

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 124-5

चित्र 2

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 125

अनुमान से बताओ कि गिलास में रखा कागज़ गीला हुआ होगा या नहीं? (3)

गिलास को औंधा ही पानी से बाहर निकालकर अपने उत्तर की जाँच करो।

यदि इस प्रयोग में हम गिलास को चित्र 2 की तरह थोड़ा टेढ़ा करके पानी में डुबाएँ तो क्या होगा?

इस प्रयोग को करो और जो कुछ देखो उसे अपने शब्दों में लिखो। (4)

क्या गिलास में पानी भरेगा?: प्रयोग 2

एक बीकर में पानी भर लो। पानी पर एक फुग्गा (बिना फूला हुआ) या रंगीन कागज़ का टुकड़ा तैरा दो। अब एक पारदर्शी गिलास को इस कॉर्क के ऊपर औंधा करके पानी में नीचे दबाओ। फुग्गे या कागज़ से तुम्हें पता चल जाएगा कि गिलास में पानी का तल कहाँ है। यह देखो कि गिलास में पानी भरा या नहीं।

एक चित्र बनाकर बताओ कि बीकर में पानी और गिलास के अन्दर पानी के तल कहाँ-कहाँ हैं? (5)

क्या गिलास में पानी भर गया? (6)

क्या कोई चीज़ पानी को गिलास के अन्दर घुसने से रोकती है? वह चीज़ क्या है? (7)

इसी बात को हम और प्रयोगों में भी देख सकते हैं। तो चलो अब यह देखते हैं कि किसी बोतल में हवा है या नहीं।

बोतल में पानी भरो: प्रयोग 3

एक सँकरे मुँह वाली बोतल लो। एक बाल्टी में पानी भर लो। अब इस बोतल को पानी में डुबाकर इसमें पानी भरो।

जब पानी भरते हैं तो क्या बोतल में से कुछ बाहर भी निकलता है? कैसे पता चलता है? (8)

प्रयोग 1 से 3 में तुमने जो कुछ देखा, उससे हवा के किस गुणधर्म का पता चलता है? (9)

क्या यह कहना सही होगा कि जिस गिलास या बोतल को हम खाली कहते हैं उसमें हवा भरी होती है? (10)

हवा का आयतन

यदि हर जगह हवा है (यानी हवा जगह घेरती है) तो क्या तुम इसका आयतन नापने का कोई तरीका सुझा सकते हो? जैसे, मान लो हम यह पता करना चाहें कि एक इंजेक्शन की शीशी में कितनी हवा है, तो कैसे पता करें?

यदि तुम्हें कोई तरीका सूझ रहा हो तो उस पर कक्षा में चर्चा करो। अपने तरीके से इंजेक्शन की शीशी में हवा का आयतन पता करो।

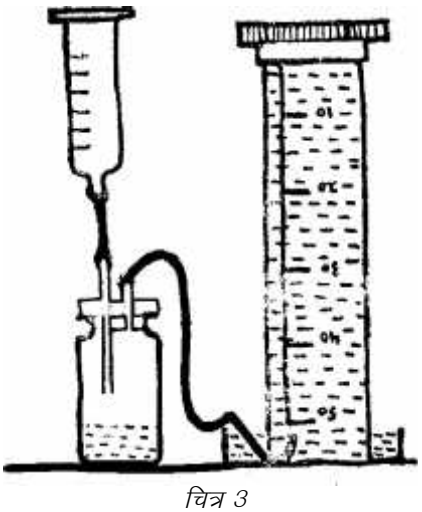
एक तरीका यहाँ भी सुझाया जा रहा है।

प्रयोग 4

एक बड़ी इंजेक्शन शीशी के ढक्कन में दो छेद करो। दोनों छेदों में खाली रिफिल का एक-एक टुकड़ा (लगभग 2 से.मी.) पिरो लो। दोनों पर एक-एक वॉल्व ट्यूब लगा लो।

एक वॉल्व ट्यूब के दूसरे छोर पर एक उलटी सिरिंज कीप की तरह लगा लो। अब चित्र 3 में दिखाई व्यवस्था जमाओ।

50 मि.ली. का एक नपनाघट लो और उसे ऊपर तक पानी से भर लो। अब इसे पानी से भरी एक तश्तरी में इस तरह उलटा करो कि इसका पानी न गिरे। इंजेक्शन शीशी से निकली एक वॉल्व ट्यूब को इस नपनाघट के मुँह में से अन्दर कर दो।



चित्र 3

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 126

अब करना यह है कि सिरिंज के माध्यम से इंजेक्शन की शीशी में पानी भरना है। जब पानी भरेंगे तो इंजेक्शन की शीशी की हवा दूसरी नली में से निकलेगी और नपनाघट में भर जाएगी। इस तरह से हम जब इंजेक्शन की शीशी को पानी से पूरा भर देंगे तो उसकी सारी हवा नपनाघट में आ जाएगी। नपनाघट में पढ़कर हमें पता चल जाएगा कि उसमें कितनी हवा है।

सिरिंज से इंजेक्शन शीशी में पानी भरो। ध्यान रखना कि नली का मुँह नपनाघट के अन्दर रहे।

जब इंजेक्शन की शीशी पूरी पानी से भर जाए तो नपनाघट से पढ़कर बताओ कि उसमें कितनी हवा है। (11)

अब इंजेक्शन की शीशी में भरे पानी को नापकर उसका आयतन भी पता करो। (12)

क्या इस पानी का आयतन और हवा का आयतन बराबर है? (13)

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 201

क्या इसके आधार पर तुम किसी बरतन में भरी हवा का आयतन नापने का कोई आसान तरीका सुझा सकते हो? (14)

क्या हवा का आयतन निश्चित है?

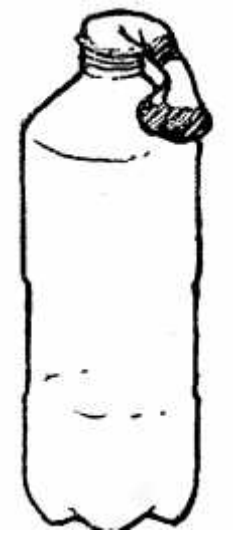
प्रयोग 4 में तुमने हवा का आयतन नापा। क्या यह आयतन हमेशा निश्चित रहता है? आओ इसे जानने के लिए कुछ प्रयोग करें।

हवा को गरम करके देखो

साइकिल की ट्यूब में यदि खूब हवा भरी हो और गर्मियों में साइकिल को धूप में छोड़ दें तो कई बार ट्यूब फट जाता है। लोग कहते हैं बस्ट हो गया। ट्यूब बस्ट क्यों होता है, यह जानने के लिए आओ हम हवा को गरम करके देखें।

प्रयोग 5

आधे लीटर की प्लास्टिक की बोतल के मुँह पर एक बड़ा फुग्गा चढ़ा दो (चित्र 4)।



चित्र 4

चित्र 5

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 127

ध्यान रहे फुग्गा चढ़ाते समय बोतल पिचकनी नहीं चाहिए। बोतल को धूप में रख दो। 4-5 मिनट बाद उसे दुबारा देखो।

फुग्गे को क्या हुआ? (15)

ऐसा क्यों होता है? (16)

बोतल को ठण्डा करने के लिए छाँव में रखो और 5 मिनट बाद दुबारा देखो।

अब फुग्गे की क्या दशा है? (17)

ऐसा क्यों होता है? (18)

क्या अब तुम बता सकते हो कि गर्मियों में अक्सर साइकिल की ट्यूब बरस्ट क्यों हो जाती है? (19)

प्रयोग 6

एक सिरिंज लो। इसका पिस्टन पूरा खोल लो।

क्या अब सिरिंज के अन्दर हवा भरी है? (20)

इस हवा का आयतन कितना है? (21)

अब सिरिंज का मुँह उँगली से बन्द करके पिस्टन को दबाओ (चित्र 5)।

क्या पिस्टन दब जाता है? (22)

पिस्टन दबाने के बाद हवा का आयतन कितना रह गया? (23)

क्या पिस्टन दबाते वक्त उँगलियों पर कुछ दबाव महसूस होता है? (24)

पिस्टन को दबाने पर क्या सिरिंज के अन्दर की हवा कम हो गई या सिर्फ उसके आयतन में कमी आई? (25)

अब सिरिंज में पानी भरकर इसी प्रयोग को दोहराओ।

क्या पानी भरी सिरिंज में भी तुम पिस्टन को दबा सकते हो? (26)

इस प्रयोग से हवा और पानी के किस गुणधर्म में अन्तर का पता चलता है? (27)

क्या दबाकर हवा का आयतन कम किया जा सकता है? (28)

कॉर्क में नली लगाने का तरीका पृष्ठ 43 पर दिया गया है।

हवा का दबाव

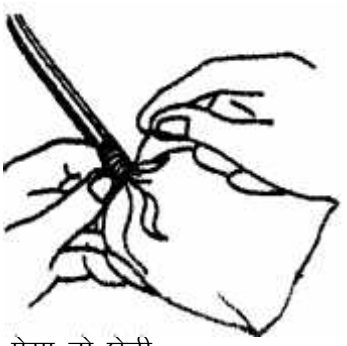
प्रयोग 6 में जब तुमने सिरिंज का मुँह बन्द करके पिस्टन को दबाया था तो तुमने उँगलियों पर दबाव महसूस किया होगा। यह दबाव किस चीज़ का था?

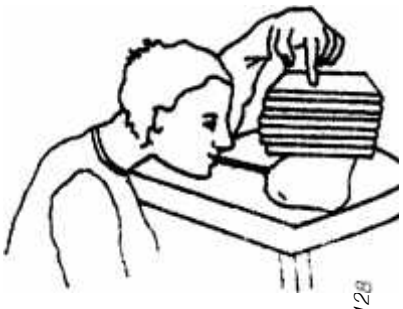
क्या सिरिंज में भरी हवा दबाव डाल रही थी? आओ, हवा के दबाव से सम्बन्धित कुछ प्रयोग करें।

प्रयोग 7

मोटे प्लास्टिक की एक थैली लो। जिन थैलियों में दूध मिलता है वैसी थैली अच्छी रहेगी। चित्र 6 में दिखाए अनुसार एक काँच की नली या पुराने बॉल पेन की खोल

का मुँह इस थैली में डालकर धागे या वॉल्व ट्यूब से कसकर बाँध दो। थैली के ऊपर एक-दो किताबें रखो। अब नली में फूँक मारकर थैली में हवा भरो।





चित्र 6

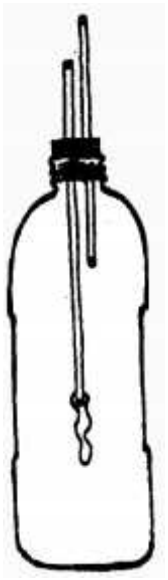
बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 128

क्या हुआ? और क्यों? (29)

प्रयोग 8

एक प्लास्टिक की बड़ी बोतल लो। रबर का एक ऐसा दो छेदी कॉर्क छाँटो जो बोतल के मुँह को कसकर बन्द कर सके। काँच की ऐसी दो नलियाँ लो जो कॉर्क के छेदों में सही-सही पिरोई जा सकें। इनमें से एक नली के निचले सिरे पर एक फुग्गा धागे से कसकर बाँध लो।

बोतल को कॉर्क से कसकर बन्द कर लो। इस स्थिति में फुग्गा बोतल के अन्दर होना चाहिए (चित्र 7)।



चित्र 7

बोतल के मुँह को और कॉर्क के छेदों को लाख या मोम से सील कर लो। जिस काँच की नली में फुग्गा नहीं लगा है उसको मुँह में रखकर साँस ऊपर की ओर खींचो।

फुग्गे को क्या होता है? (30)

अनुमान लगाओ कि ऐसा क्यों होता होगा? (31)

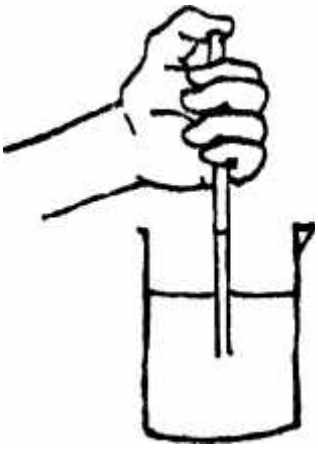
प्रयोग 9

काँच की एक नली लो। इसका एक सिरा पानी में डुबाकर, दूसरे सिरे से मुँह से खींचकर तीन-चौथाई भाग पानी से भर दो। इसके एक सिरे को अँगूठे से बन्द कर लो और दूसरे सिरे को पानी से भरे बीकर में डुबो दो (चित्र 8)।

क्या पानी नली में ठहरता है या नीचे गिर जाता है? (32)

अब ऊपर से अँगूठा हटा लो।

क्या हुआ? (33)



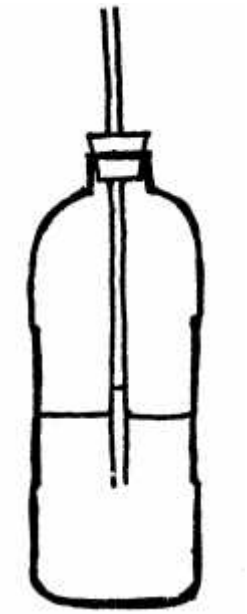
चित्र 8

बा.वै. कक्षा 7, 2001, पृ 128

प्रयोग 10

आधे लीटर की प्लास्टिक की बोतल में लगभग एक तिहाई पानी भर लो और उसके मुँह में कसकर बैठ जाने वाला एक छेदी रबर कॉर्क छाँट लो। कॉर्क के छेद में काँच की एक नली पिरो दो। ध्यान रहे कि नली और कॉर्क के छेद के बीच हवा निकलने की जगह न रहे। आवश्यकता हो तो लाख या मोम से उसे सील कर लो। बोतल में इतना पानी होना चाहिए कि कॉर्क लगाने पर नली का निचला हिस्सा पानी में डूबा रहे (चित्र 9)। कॉर्क से बोतल का मुँह कसकर बन्द कर लो। नली से बोतल के अन्दर ज़ोर से फूँककर जल्दी से मुँह हटा लो।

क्या होता है? (34)



चित्र 9

प्रयोग 11

पिछले प्रयोग की बोतल से सारा पानी निकालकर कॉर्क फिर कसकर फिट कर दो। बोतल को दोनों हाथों से हल्के से दबाओ ताकि वह पिचक जाए। ध्यान रहे बोतल टूटनी नहीं चाहिए। इस स्थिति में बोतल को उलटा करके नली को पानी से भरे बीकर में डुबो दो। अब हाथ ढीले कर दो।

क्या हुआ? (35)

अभ्यास के सवाल

1. एक बाल्टी में कितनी हवा है? इसे नापने का कोई तरीका सुझाओ।
2. एक इंजेक्शन की शीशी लो। उसके रबर के ढक्कन में एक रिफिल का टुकड़ा पिरो दो और ढक्कन को शीशी पर लगा दो।

   रिफिल के टुकड़े के ऊपर पानी की एक बूँद रख दो या रिफिल में थोड़ा-सा पानी भर दो। अब इस शीशी को अपनी हथेली में कसकर पकड़ लो। पानी की बूँद को क्या होता है और क्यों?
3. प्रयोग 6 की तरह एक सिरिंज लो। इसका पिस्टन आधा खोल लो। अब इसका मुँह बन्द करके पिस्टन को खींचने की कोशिश करो।

   क्या पिस्टन आसानी से खिंचता है? उँगली पर क्या महसूस होता है?

   पिस्टन को छोड़ने पर क्या होता है?
4. इस अध्याय में तुमने हवा से सम्बन्धित कई प्रयोग किए हैं। अपने अवलोकनों के आधार पर निम्नलिखित तालिका पूरी करो।

तालिकाः हवा के गुणधर्म

प्रयोग क्र.	प्रयोग द्वारा प्रदर्शित हवा का गुणधर्म
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	

❖ ❖