पदार्थ की प्रकृति

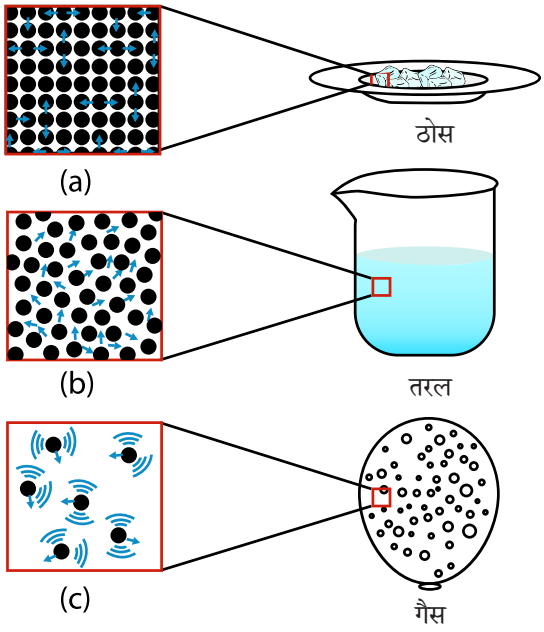
उमा सुधीर

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

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

पूर्व और वैकल्पिक अवधारणाएँ

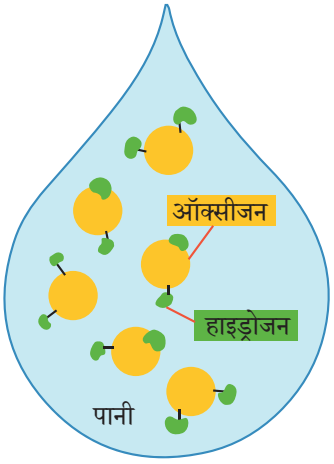
बच्चों की समझ में यह कमी कई अध्ययनों में स्पष्ट दिखती है। अध्ययन बताते हैं कि बच्चों में पदार्थ की कणीय प्रकृति के प्रति कई तरह की पूर्व और वैकल्पिक अवधारणाएँ होती हैं, जिन्हें भूलना या 'अनसीखा' करना ख़ासा मुश्किल होता है। बच्चे अपने अवलोकन के आधार पर आमतौर पर मानते हैं कि पदार्थ के गुण सतत हैं। इस कारण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



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

पदार्थ के गुणों से परिचय

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

1. पदार्थों के विशिष्ट गुण

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

2. रासायनिक-भौतिक परिवर्तन

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

3. पदार्थ की विभिन्न अवस्थाएँ

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

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

4. तत्व, यौगिक, मिश्रण में भेद

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

चलते-चलते

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

मुख्य बिन्दु

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

Notes:

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

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

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