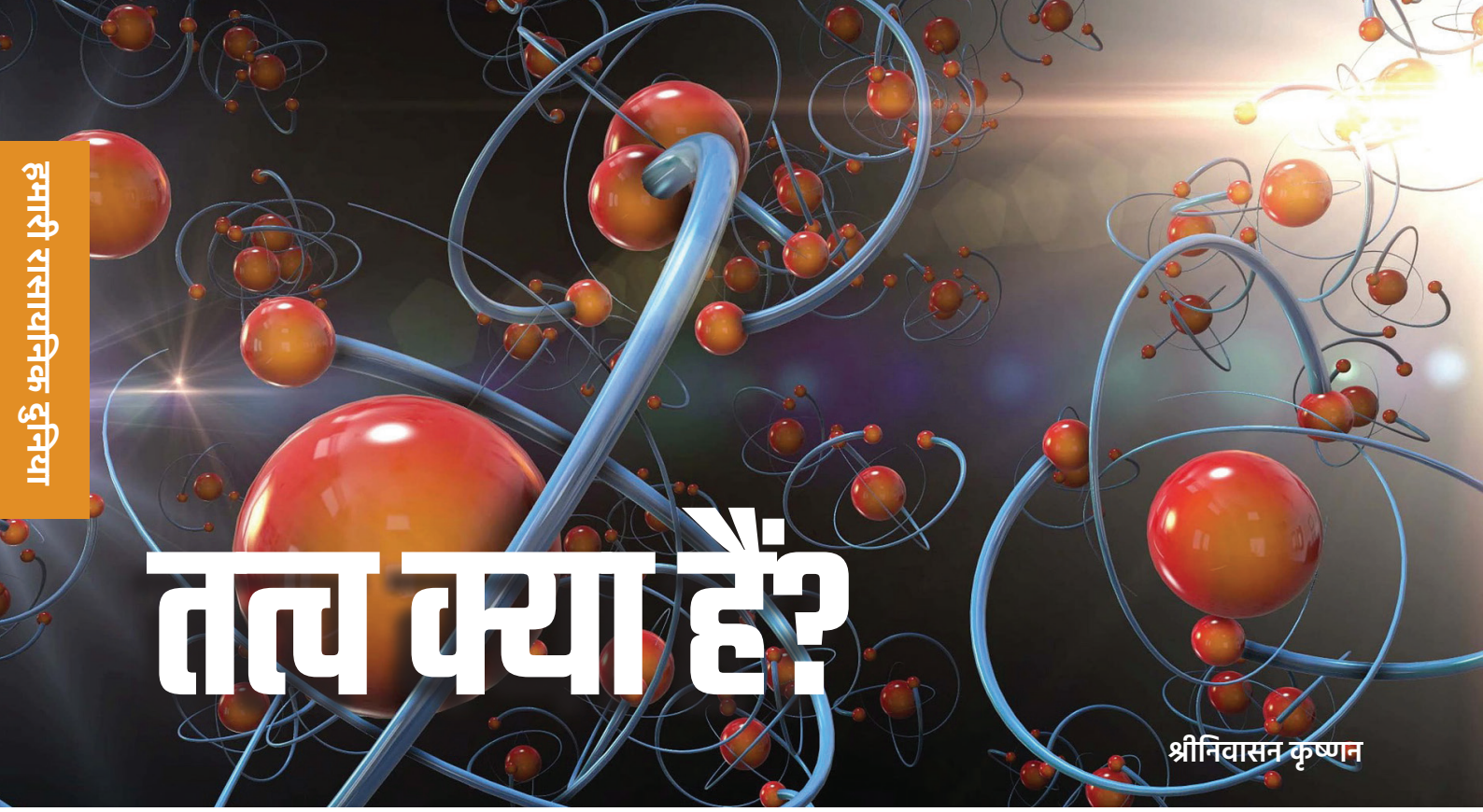


तत्व क्या हैं?

श्रीनिवासन कृष्णन

किसी पदार्थ को हम तत्व कब कहते हैं? तत्व की अवधारणा परमाणु की अवधारणा से किस तरह जुड़ी है? क्या परमाणु वास्तव में होते हैं? तत्वों की हमारी परिभाषाओं में इतनी अस्पष्टता क्यों हैं और ये बदलते क्यों हैं?

हम अपनी इन्द्रियों का इस्तेमाल करके उन अलग-अलग पदार्थों को देखते हैं जिनसे हमारा संसार बना है। और हम निगमन और अनुमान की अपनी क्षमताओं (जो मौजूदा तकनीक और बौद्धिक संरचनाओं की मज़बूती पर निर्भर होती हैं) का इस्तेमाल नए पदार्थों की खोज करने और पहले से ज्ञात पदार्थों को और ज़्यादा उपयुक्त तरीक़ों से वर्गीकृत करने के लिए करते हैं।

पदार्थ की दुनिया में किया जाने वाला यह अन्वेषण नए पदार्थों के संश्लेषण में भी मदद करता है। पुराने समय से ही मनुष्य मौजूदा पदार्थों के मेल से या आसवन करके/अरक निकालकर नए तरह के पदार्थ बनाने की क्षमता दिखाता रहा है। इस क्षमता के दैनिक जीवन के कुछ उदाहरण हैं : व्यंजन पकाना, औषधियों और पेय पदार्थों को मिलाना, इमारतों और औज़ारों का निर्माण करना आदि। 'वांछित' गुणों वाले ज़्यादा जटिल पदार्थों और प्रणालियों को बनाने की हमारी तलाश इस सवाल का जवाब देने की हमारी क्षमता पर आधारित है कि वे मूल पदार्थ कौन-से हैं जिनसे बाक़ी सभी पदार्थ बनते हैं।

यह विचार नया नहीं है कि पृथ्वी पर पाए जाने वाले सभी पदार्थ एक ही तरह के अनूठे और मौलिक बिल्डिंग ब्लॉक्स से बने हो सकते हैं। कई प्राचीन सभ्यताओं ने इन तत्वों जैसे पदार्थों के अस्तित्व की कल्पना की है (**बॉक्स-1** देखें)। उनमें से कुछ ने इन 'तत्वों' को 'परमाणु जैसे' अविभाज्य कणों के रूप में भी परिभाषित किया है (**बॉक्स-2** देखें)। इससे पता चलता है कि प्राचीन विश्व में तत्वों और परमाणुओं की अवधारणाओं के बीच एक गहरा सम्बन्ध था। यह समझ समय के साथ विकसित हुई है। आज, हम प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले 92 पदार्थों को तत्वों के रूप में वर्गीकृत कर चुके

बॉक्स-1 : प्राचीन सभ्यताओं में तत्व

हालाँकि कई प्राचीन सभ्यताएँ तत्वों के अस्तित्व में यक़ीन करती थीं, फिर भी हर सभ्यता में तत्वों के वर्गीकरण अलग-अलग हुए। उदाहरण के लिए, प्राचीन यूनानियों का मानना था कि केवल चार तत्व हैं - पृथ्वी, वायु, अग्नि और जल। प्राचीन भारतीयों ने एक और तत्व, आकाश के बारे में बताया। चीनवासियों के पास तत्वों की थोड़ी अलग सूची थी - पृथ्वी, अग्नि, जल, लकड़ी और धातु।

बॉक्स-2 : प्राचीन सभ्यताओं में परमाणु

कई प्राचीन सभ्यताओं का मानना था कि तत्व परमाणुओं जैसे अविभाज्य कणों से बने होते हैं। उदाहरण के लिए, छठी शताब्दी ईसा पूर्व में दर्शनशास्त्र के वैशेषिक मत के संस्थापक कणाद ने सुझाव दिया कि सभी पदार्थ चार मूल प्रकार के 'परमाणुओं' से बने होते हैं, जिनमें से हरेक चार तत्वों - पृथ्वी, जल, अग्नि और वायु में से एक के अनुरूप होता है। उन्होंने विभिन्न प्रकार के परमाणुओं के अलग-अलग गुण बताए और यह निर्धारित करने के लिए जटिल नियमों का वर्णन किया कि वे कैसे आपस में जुड़कर सभी ज्ञात पदार्थों का निर्माण करते हैं। बौद्ध, जैन, इस्लामिक और यूनानी विचारधाराओं ने भी परमाणु जैसे कणों की अवधारणा को तत्वों की सबसे छोटी इकाई और सभी पदार्थों के मूल की तरह स्थापित किया। भले ही प्रत्येक मत ने इन कणों और उनके गुणों का अलग-अलग वर्णन किया है, लेकिन इन सभी का मानना था कि ये कण शाश्वत, अविनाशी और अविभाज्य थे; और यह भी कि एक तरह के कण हूबहू एक जैसे थे।[1]

हैं और (92 से ज़्यादा परमाणु क्रमांक वाले) कृत्रिम रूप से कई और तत्व संश्लेषित कर रहे हैं। ऐसा सिर्फ़ इसलिए हो सका है क्योंकि परमाणुओं और तत्वों के बीच सम्बन्धों को लेकर हमारी समझ अब इस तरह के निर्माण करने के लिए पक्की हो चुकी है। हालाँकि, रसायनशास्त्रियों को अभी भी इन दोनों अवधारणाओं की निश्चितता और सटीकता में एक तरह की कमी दिखाई देती है जिनके बारे में शिक्षकों और विद्यार्थियों को पाठ्यपुस्तकों और अन्य शैक्षिक संसाधनों में शायद ही कभी बताया जाता है।

क्या परमाणु वास्तविक हैं?

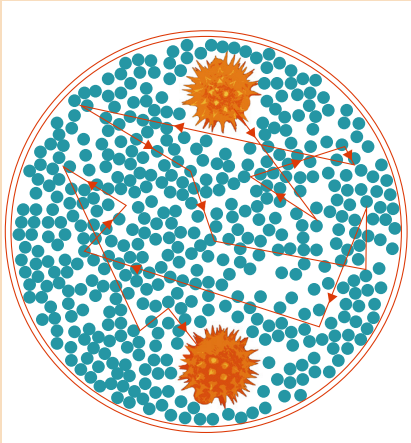
यह धारणा कि तत्व परमाणुओं से बने हैं, आधुनिक विज्ञान के विकास में बहुत ज़्यादा महत्त्व रखती है। जैसा कि भौतिक विज्ञानी रिचर्ड फ़ाइनमैन ने एक बार लिखा था, *"अगर किसी प्रलय में सारा वैज्ञानिक ज्ञान नष्ट हो जाए और अगली पीढ़ियों के प्राणियों को केवल एक वाक्य हस्तान्तरित करना हो, तो किस कथन में सबसे कम शब्दों में सबसे ज़्यादा जानकारी होगी? मेरा मानना है कि यह परमाणु परिकल्पना होगी (या परमाणु तथ्य या आप इसे जो भी कहना चाहें) कि सभी चीज़ें परमाणुओं से बनी हैं — छोटे कण जो निरन्तर गति में घूमते हैं, जब वे थोड़ी दूरी पर होते हैं तो एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं, लेकिन एक-दूसरे के बहुत पास लाए जाने पर प्रतिकर्षित होते हैं। आप देखेंगे कि अगर इस एक वाक्य में, थोड़ी-सी कल्पना और सोच को भी शामिल किया जाए तो इसमें दुनिया के बारे में बहुत सारी जानकारी है।"* हालाँकि, यह तर्क भी दिया जा सकता है कि परमाणु वास्तविक नहीं हो सकते। आख़िरकार, हमारे लिए वे इतनी तेज़ गति वाले और सूक्ष्म होते हैं कि किसी सामान्य सूक्ष्मदर्शी से भी हम उन्हें 'देख' नहीं सकते। फिर हम उनके अस्तित्व में विश्वास क्यों करते रहे हैं? और हम कैसे जानते हैं कि तत्व असल में ऐसे कणों से बने होते हैं?

वर्ष 1905 में, बर्न पेटेंट कार्यालय में काम करने वाले उस समय तक अज्ञात भौतिक विज्ञानी अल्बर्ट आइंस्टीन, ऊष्मागतिकी के दूसरे नियम का अध्ययन कर रहे थे। इस समय, परमाणुओं और अणुओं के 'भौतिक अस्तित्व' पर गर्मागर्म वैज्ञानिक बहस छिड़ी हुई थी। जहाँ कुछ वैज्ञानिकों, जैसे भौतिकविद् जे. विलार्ड गिब्स और लुडविग बोल्ट्ज़मैन ने तर्क दिया कि ऊष्मा परमाणुओं की निरन्तर उत्तेजित गति का प्रभाव था; वहीं भौतिक विज्ञानी अर्न्स्ट माक और भौतिक रसायनशास्त्री विल्हेम ओस्टवाल्ड जैसे अन्य वैज्ञानिकों ने ऐसे कणों के अस्तित्व से इनकार किया। इसी साल आइंस्टीन ने एक पथ-प्रवर्तक शोधपत्र प्रकाशित किया, जिसने परमाणुओं और अणुओं के मौजूद होने के पक्ष में स्पष्ट प्रमाण प्रस्तुत किए। उन्होंने माना कि कोई भी कण जो परमाणुओं/ अणुओं के घोल में डूबा होगा, एक बड़े परमाणु/ अणु के व्यवहार और गतिकी का नमूना होगा। इस तरह उन्होंने पानी में परागकणों का निरीक्षण करने के लिए एक सूक्ष्मदर्शी का उपयोग करते हुए यह दिखाया कि उनकी

बॉक्स-3 : ब्राउनी गति के माध्यम से परमाणुओं को अप्रत्यक्ष रूप से 'देखना'

घास के फूल के कुछ परागकणों को पानी की एक बूँद में डालें और सूक्ष्मदर्शी से देखें। यदि पराग का आकार ठीक है (न तो बहुत भारी और न ही बहुत हल्का), तो आप देखेंगे कि यह एक सतत सहज गति दिखाने के उलट बेतरतीब ढंग से हिलता-डुलता है। वनस्पति विज्ञानी रॉबर्ट ब्राउन के नाम पर इस यादृच्छिक गति को 'ब्राउनी गति' कहा जाता है, जिन्होंने पहली बार (1827 में) इसके बारे में बताया था।

इससे थोड़ा मुश्किल प्रयोग है, काँच के कक्ष में बन्द धुएँ के कुछ कणों पर तेज़ रोशनी डालना और एक सूक्ष्मदर्शी से इसका अवलोकन करना। घूमते हुए धुएँ के बीच, कभी-कभी धुएँ के कण (जो प्रकाश के चमकीले धब्बों की तरह दिखते हैं) ब्राउनी गति करते हुए दिखाई दे सकते हैं।



चित्र-1 : पानी में पराग की यादृच्छिक गति पानी के अणुओं की ब्राउनी गति के कारण होती है।

बॉक्स-4 : डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त

डाल्टन ने कैवेंडिश और प्राउस्ट सहित कई अन्य वैज्ञानिकों द्वारा प्रस्तावित विचारों को एक ऐसे सिद्धान्त में समायोजित किया जिसे मापा और परखा जा सकता था। इस सिद्धान्त में पाँच कथन शामिल थे :

1. सभी पदार्थ सूक्ष्म और निश्चित कणों से मिलकर बने होते हैं जिन्हें परमाणु कहा जाता है।
2. परमाणु अविभाज्य और अविनाशी होते हैं।
3. एक ही तत्व के परमाणुओं के समान गुण (जैसे आकार और द्रव्यमान) होते हैं लेकिन वे अन्य तत्वों के परमाणुओं से भिन्न होते हैं।
4. परमाणु पदार्थ की सबसे छोटी इकाई है जो रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकती है।
5. विभिन्न तत्वों के परमाणु पूर्ण संख्या के निश्चित अनुपात में संयोजित होकर यौगिक बनाते हैं।

ब्राउनी गति तभी सम्भव होगी जब पानी की बूँद अणुओं से बनी हो। ऐसे अणुओं के न होने पर, निलम्बित परागकण पानी के हिलने-डुलने पर या तो पानी में ऊपर-नीचे होंगे या सहजता से अलग-अलग दिशाओं में चलेंगे। पर ऐसा नहीं हुआ, परागकण ऐसे चले जैसे कि अन्य कण उनके साथ बेतरतीब ढंग से टकरा रहे हों।[2] ये अन्य कण केवल पानी के अणु हो सकते थे (**बॉक्स-3** देखें)। इस व्याख्या के लिए आइंस्टीन को 1921 में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार मिला जो दर्शाता है कि वैज्ञानिक समुदाय के लिए इस बात का क्या महत्त्व था।

लेकिन 1980 के दशक के बाद से ही हम अलग-अलग परमाणुओं को देखने में सक्षम हो गए हैं।[3] 1981 में स्कैनिंग टनलिंग सूक्ष्मदर्शी (एसटीएम) के आविष्कार से हमें किसी भी सतह पर परमाणु की स्थिति को मानचित्रित करने में मदद मिली है, जब इसकी नोक या सलाई के किसी परमाणु से टकराने पर विद्युत धारा में परिवर्तन होता है।[4] वर्ष 2018 में, ऑक्सफ़ोर्ड विश्वविद्यालय के डेविड नाडलिंगर ने एक एकल स्ट्रोंटियम परमाणु की तस्वीर ली, जिसे एक लेज़र बीम द्वारा प्रकाशित किया गया था।[5] वर्ष 2021 में, न्यूयॉर्क के इथाका में कॉर्नेल विश्वविद्यालय में डेविड मुलर ने एक परमाणु की अब तक की सबसे ज़्यादा रिज़ॉल्यूशन वाली छवि को दर्ज करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी का उपयोग किया।[6]

किसी पदार्थ को तत्व कब कहा जाता है?

पाठ्यपुस्तकों में तत्वों की कई तरह की 'सटीक' परिभाषाएँ मिलती हैं। हालाँकि, हैरानी की बात है कि रसायनशास्त्रियों को अभी भी तत्वों की स्पष्ट, संक्षिप्त और व्यापक परिभाषा नहीं मिली है। उनकी कुछ चुनौतियाँ नामकरण से जुड़ी हैं। उदाहरण के लिए, हम सभी सहमत हो सकते हैं कि ऑक्सीजन एक तत्व है। लेकिन वास्तव में इससे हमारा क्या मतलब है? क्या हम एक पृथक ऑक्सीजन परमाणु की बात कर रहे हैं या आणविक ऑक्सीजन गैस की या त्रिपरमाणुक ओज़ोन की? या फिर 'तत्व' शब्द का मतलब इन सभी से है?

ज़्यादा बड़ी चुनौतियाँ हमारी इस बात पर निश्चित न होने में हैं कि जिसे हम आज एक तत्व कहते हैं, क्या भविष्य में वह और अधिक 'मूलभूत' पदार्थों में टूट जाएगा। उदाहरण के लिए, एक सामान्य परिभाषा यह है कि 'तत्व एक ऐसा पदार्थ है जिसे सरल पदार्थों में विघटित नहीं किया जा सकता'। इसका अर्थ यह है कि यदि किसी पदार्थ 'X' को दो-या-दो से ज़्यादा अलग-अलग पदार्थों में तोड़ा जा सकता है जो पुनः संयोजित होने पर पदार्थ 'X' को बनाते हैं, तो 'X' निश्चित रूप से तत्व नहीं है। यह पहली उपयोगी परिभाषाओं में से एक थी क्योंकि इसने वैज्ञानिकों को यह पहचानने में मदद की कि तत्व क्या 'नहीं' है। हालाँकि, इस परिभाषा को निर्णायक रूप से यह साबित करने के लिए इस्तेमाल नहीं किया जा सकता कि कोई पदार्थ वास्तव में एक तत्व है, क्योंकि किसी पदार्थ को विघटित करने की हमारी क्षमता काफ़ी हद तक हमारे पास उपलब्ध तकनीक और विधियों पर निर्भर होती है। इस प्रकार, इस बात की सम्भावना हमेशा बनी रहती है कि जो पदार्थ अभी विघटित नहीं हुआ है, वह ज़्यादा उन्नत तकनीकों और विधियों के उपलब्ध हो जाने के बाद विघटित हो सकता है। एक और अधिक उपयोगी परिभाषा है जो यह कहती है कि तत्व 'समान परमाणुओं से बना पदार्थ' है। यह परिभाषा 1808 में प्रकाशित जॉन डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की आधारशिलाओं में से एक थी (**बॉक्स-4** देखें)। इस अवलोकन के बाद, कि 'तत्व' हमेशा पूर्ण संख्या के अनुपात में जुड़कर नए पदार्थ बनाते हैं, डाल्टन को यक़ीन हो गया कि वे एकल बिल्डिंग

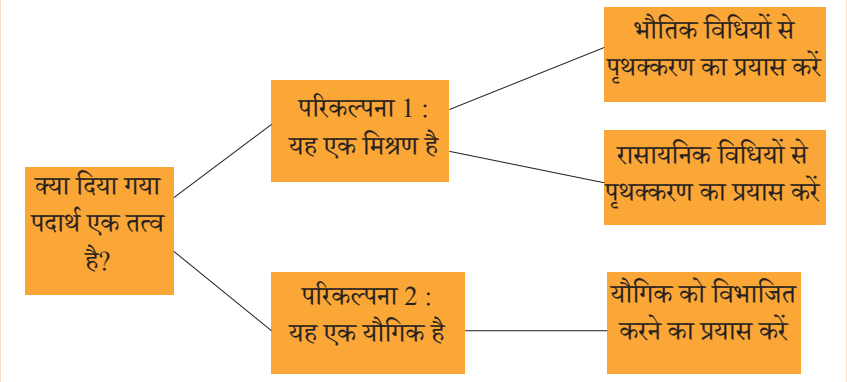
बॉक्स-5 : साधारण जल और भारी जल

साधारण जल में हाइड्रोजन का सामान्य समस्थानिक होता है, जिसके नाभिक में एक प्रोटॉन होता है; जबकि भारी जल में ड्यूटेरियम होता है जो एक अतिरिक्त न्यूट्रॉन के साथ हाइड्रोजन का एक समस्थानिक है। भारी जल का एक मोल साधारण जल से काफ़ी भारी होता है (2 ग्राम), इसका हिमांक बदलकर 3.8 डिग्री हो जाता है और यह साधारण जल की तुलना में लगभग 11% सघन होता है। क्या यह हैरानी की बात नहीं है कि एक अतिरिक्त न्यूट्रॉन के होने से गुणों में इतना अन्तर पैदा हो जाता है? इसके असामान्य गुणों के कारण, परमाणु रिएक्टरों में न्यूट्रॉन को अवशोषित करने के लिए (या न्यूट्रॉन मॉडरेटर के रूप में) भारी जल का बड़े पैमाने पर इस्तेमाल किया जाता है।

बॉक्स-6 : हमें कैसे पता चलेगा कि कोई पदार्थ तत्व, यौगिक या मिश्रण है?

यदि आप ग्रेफ़ाइट की दो छड़ों या मोटी पेंसिलों को एक गिलास नल के पानी में डालते हैं और इन छड़ों को 18 वोल्ट की बैटरी से जोड़ते हैं, तो आपको दोनों इलेक्ट्रोड पर गैस के बुलबुले दिखाई देंगे। दोनों गैसों को अलग-अलग परखनलियों में आसानी से इकट्ठा किया जा सकता है। हम पाठ्यपुस्तकों और अन्य सन्दर्भ सामग्री से जानते हैं कि ये गैसें हाइड्रोजन और ऑक्सीजन तत्व हैं, लेकिन हम इसे प्रयोग के ज़रिए कैसे साबित करेंगे?

उदाहरण के लिए ऑक्सीजन को ही लें। आइए इस परिकल्पना के साथ शुरू करें कि यह दो-या-दो से अधिक गैसों का मिश्रण है। यह मानते हुए कि हम सभी ज्ञात गैस पृथक्करण तकनीकों का इस्तेमाल कर सकते हैं, इस बात की बहुत ज़्यादा सम्भावना है कि हम इनमें से कम-से-कम एक तकनीक की मदद से इसे इन गैसीय घटकों में अलग करने में सक्षम होंगे। यह प्रायोगिक साक्ष्य प्रदान करेगा कि ऑक्सीजन वास्तव में एक तत्व नहीं बल्कि गैसों का मिश्रण है। हालाँकि असल में हम केवल ऑक्सीजन के अलग-अलग समस्थानिकों को अलग करने में कामयाब रहे होंगे, जो अपने सभी भौतिक और रासायनिक गुणों में एक-दूसरे के समान हैं। इससे यह सम्भावना ख़त्म नहीं होती कि पर्याप्त उन्नत तकनीक नहीं होने के कारण हम ऑक्सीजन को अन्य गैसीय घटकों में अलग करने में अक्षम हैं।

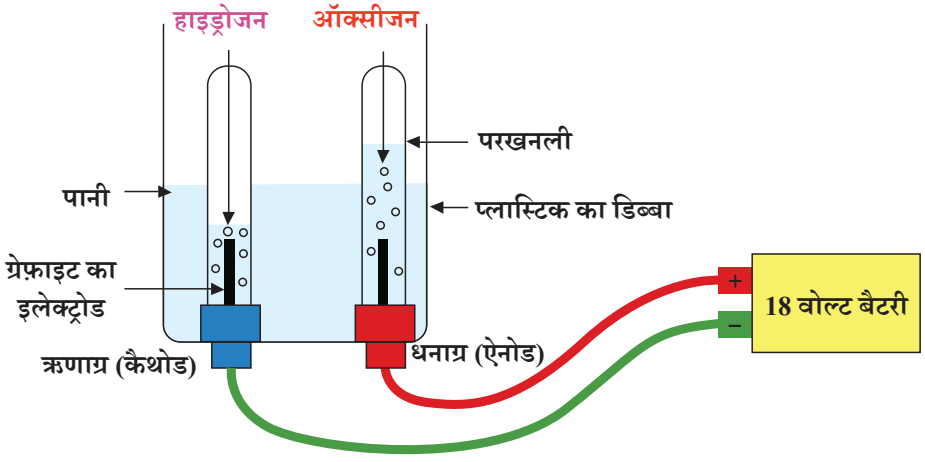


चित्र-3 : जब आपके सामने कोई ऐसा पदार्थ आता है जो आपके लिए नया है तो उसकी जाँच की सम्भावित योजना दिखाने वाला फ़्लो-चार्ट।

वर्तमान पृथक्करण तकनीकों द्वारा ऑक्सीजन को अन्य गैसीय घटकों में अलग करने में हमारी अक्षमता का कारण यह भी हो सकता है कि सम्भव है, इन गैसीय घटकों में द्रव्यमान जैसे समान भौतिक गुण हों। यह हमें इस सम्भावना की ओर ले जाता है कि वे अपने रासायनिक गुणों में अलग-अलग हो सकते हैं। अगर ऐसा है, तो ऑक्सीजन मिश्रण को अलग करने का एक तरीक़ा ऑक्सीजन और विशिष्ट मात्रा में शुद्ध क्षार धातुओं, जैसे सोडियम और पोटेशियम के बीच अभिक्रिया करना होगा। अगर इन अभिक्रियाओं में से एक भी अभिक्रिया दो-या-दो से ज़्यादा यौगिक निर्मित करती है तो भी हम उनके भौतिक (जैसे बनावट, गन्ध या स्पर्श) या रासायनिक गुणों से अलग-अलग पहचान सकते हैं, यह हमारी परिकल्पना को साबित करेगा। इस तरह की अभिक्रियाओं के लिए संक्रमण धातुओं के इस्तेमाल से बचना सबसे अच्छा होगा क्योंकि उनकी अलग-अलग ऑक्सीकरण अवस्थाओं के कारण ऐसी अभिक्रियाओं के परिणामस्वरूप एक-से ज़्यादा यौगिकों का निर्माण होगा, भले ही ऑक्सीजन एक तत्व हो।

इस परिकल्पना का परीक्षण करने का एक दूसरा तरीक़ा अन्य स्रोतों से ऑक्सीजन प्राप्त करना होगा, जैसे मर्करी ऑक्साइड या कुछ नाइट्रेट्स को गर्म करके। अगर यह हमारे शुरुआती प्रयोग (ग्रेफ़ाइट की छड़ों) से प्राप्त हाइड्रोजन के साथ पानी बनाने के लिए अभिक्रिया करता है (और वास्तव में ऐसा ही होता है), तो सबसे सरल व्याख्या यह होगी कि ऑक्सीजन गैसों का मिश्रण नहीं है। वाह! दिया गया पदार्थ मिश्रण नहीं है, यह दिखाने के लिए कुछ ज़्यादा ही मेहनत हो गई!

हालाँकि, यह इस सम्भावना को ख़त्म नहीं करता कि ऑक्सीजन एक यौगिक है। इस सम्भावना का परीक्षण करना बहुत ज़्यादा पेचीदा है क्योंकि वर्तमान में हमारे पास इस यौगिक को रासायनिक रूप से विभाजित करने के उपकरण नहीं हैं। जब तक ऐसे उपकरण विकसित नहीं हो जाते और ऑक्सीजन का विघटन नहीं हो जाता, तब तक ऑक्सीजन के यौगिक होने की सम्भावना को ख़त्म नहीं किया जा सकता। साथ ही, एक बार ऑक्सीजन के विघटित हो जाने के बाद, इसके घटकों को तब तक तत्व माना जाएगा जब तक कि हम उन्हें और विभाजित करने के लिए कोई उपयुक्त विधि नहीं खोज लेते। चूँकि अभी तक इनमें से कुछ भी नहीं हुआ है, इसलिए हम मानते हैं कि ऑक्सीजन एक तत्व है।



चित्र-2 : पानी का विद्युत अपघटन : परखनलियों में ऑक्सीजन और हाइड्रोजन गैसें एकत्रित हो रही हैं।

ब्लॉक से बने हैं। उन्होंने तर्क दिया कि अगर परमाणु वास्तव में मौजूद नहीं होते तो तत्वों के आपस में जुड़ने का अनुपात यादृच्छिक होता।

समस्थानिकों की खोज के बाद ये दोनों परिभाषाएँ बेमानी हो गईं। इस खोज से पता चला कि कुछ पदार्थ जिन्हें पहले 'तत्वों' के रूप में बाँटा गया था (क्योंकि उन्हें ग़ैर-विघटनीय माना जाता था) स्वाभाविक रूप से या एक परमाणु रिएक्टर में आवेशित कणों की बमबारी करके आइसोटोप प्राप्त किए जा सकते हैं। एक तत्व के समस्थानिक अपने भौतिक गुणों में एक-दूसरे से भिन्न होते हैं और उन्हें मूल नमूने को निर्मित करने के लिए पुनर्संयोजित किया जा सकता है। यदि हम पहली परिभाषा को स्वीकार करते हैं, तो ऐसे तत्वों को यौगिकों के रूप में वर्गीकृत किया जाएगा। फिर से डाल्टन की परिभाषा के उलट, समस्थानिकों के परमाणु एक जैसे नहीं होते - उनका द्रव्यमान अलग-अलग होता है (न्यूट्रॉनों की संख्या में अन्तर के कारण) और अक्सर उनके द्वारा बनने वाले पदार्थों के भौतिक गुण भी भिन्न होते हैं (**बॉक्स-5** देखें)। इस प्रकार, यदि हम डाल्टन की परिभाषा को स्वीकार करते हैं, तो तत्व के हर समस्थानिक को एक अलग तत्व के रूप में वर्गीकृत किया जाएगा।

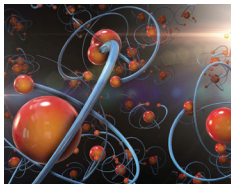
रसायनविज्ञान का आधुनिक युग 1789 के आस-पास शुरू हुआ, जब 'रसायनविज्ञान के जनक', एंटोनी-लॉरेंट डी. लेवोज़ियर (1743-1794) ने तत्वों को वर्गीकृत करने की कोशिश की। लेवोज़ियर ने तत्व को एक ऐसे पदार्थ के रूप में परिभाषित किया जिसे रासायनिक विश्लेषण की किसी भी ज्ञात विधि द्वारा आगे विभाजित नहीं किया जा सकता (**बॉक्स-6** देखें)। उनकी यह बेहद सटीक परिभाषा बहुत उल्लेखनीय है क्योंकि 'रासायनिक विश्लेषण की किसी भी ज्ञात विधि' द्वारा विभाजित नहीं किए जा सकने वाले पदार्थों तक सीमित करना ऐसा लगता है जैसे लेवोज़ियर इस सम्भावना को स्वीकार कर रहे थे कि अन्य विधियाँ (जो लगभग 150 साल बाद ही ज्ञात होंगी!) आगे विघटन में कामयाब हो सकती हैं। यह ध्यान रखना भी दिलचस्प (और मनोरंजक) हो सकता है कि लेवोज़ियर ने उन सभी अस्तित्वों को शामिल किया जिन्हें वह तत्वों की अपनी सूची में रासायनिक साधनों का उपयोग करके विभाजित नहीं कर सकते थे। इनमें प्रकाश, ऊष्मा और धातु ऑक्साइड शामिल थे। 19वीं शताब्दी में विद्युत प्रवाह के व्यापक उपयोग के साथ ही धातु के ऑक्साइड को विघटन योग्य पाया गया था। चूँकि प्रकाश और ऊष्मा पदार्थ नहीं हैं, उन्हें अब तत्वों के रूप में वर्गीकृत नहीं किया जाता।

19वीं और 20वीं शताब्दी में परमाणु भौतिकी और खगोल भौतिकी सहित विज्ञान के कई क्षेत्रों में हुई प्रगति ने इस बात के स्पष्ट प्रमाण दिए हैं कि सभी ज्ञात तत्व परमाणुओं से बने हैं। हम यह भी जानते हैं कि परमाणु तीन स्थाई कणों से बने होते हैं - धनात्मक रूप से आवेशित प्रोटॉन, बिना किसी आवेश वाले न्यूट्रॉन और ऋणात्मक रूप से आवेशित इलेक्ट्रॉन। और यह कि प्रोटॉन और न्यूट्रॉन परमाणु के सघन आन्तरिक कोर (या नाभिक) में एक साथ बँधे होते हैं, जो परिक्रमा करने वाले इलेक्ट्रॉनों से घिरा होता है और परमाणु के अधिकांश आयतन को भरता है। इस जानकारी को ध्यान में रखते हुए, हम तत्व की ज़्यादा सटीक परिभाषा पर पहुँचते हैं कि 'कोई भी तत्व एक प्रकार के परमाणुओं से बना होता है, जिनमें समान संख्या में प्रोटॉन होते हैं (जिसे इसका परमाणु क्रमांक कहा जाता है)।'

चलते-चलते

हालाँकि परमाणुओं और तत्वों की अवधारणाएँ रसायनविज्ञान की हमारी समझ का आधार हैं, फिर भी उनकी परिभाषाएँ एकदम स्पष्ट नहीं हैं। इसकी बजाय, पाठ्यपुस्तक की कई परिभाषाएँ ऐसी हर अवधारणा और एक-दूसरे से उनके सम्बन्ध के बारे में हमारी समझ चरणों के बारे में बताती हैं। शिक्षक अक्सर यह मानकर चलते हैं कि विद्यार्थी इन परिभाषाओं की सीमाओं और अनिश्चितता से परिचित हैं या धीरे-धीरे इन्हें ख़ुद समझ लेंगे। हालाँकि, इसमें कोई संशय नहीं है कि अगर शिक्षक इन विकसित होती हुई परिभाषाओं के इतिहास का पता लगाकर उनकी वैधता की सशर्त प्रकृति को सम्प्रेषित कर सकें और ऐसे विकासों की खोज को प्रोत्साहित कर सकें जो आज की हमारी सर्वोत्तम परिभाषाओं को भविष्य में अपर्याप्त या त्रुटिपूर्ण बना सकता है तो कम भ्रामक होगा।

मुख्य बिन्दु



- 'वांछित' गुणों वाले अधिक जटिल पदार्थ और तंत्र बनाने की हमारी क्षमता तत्वों और परमाणुओं को लेकर हमारी समझ पर निर्भर करती है।
- प्रौद्योगिकी में नई प्रगति होने के साथ परमाणुओं की भौतिक वास्तविकता के लिए हमारे प्रमाण और उनकी उप-परमाणु संरचना की हमारी समझ का विकास हुआ है।
- तत्वों को लेकर हमारी परिभाषाएँ हमारे पास उपलब्ध पृथक्करण की तकनीकों और नमूने की शुद्धता का परीक्षण करने के लिए उपयोग की जाने वाली विधियों के साथ विकसित होती हैं।
- शिक्षक और पाठ्यपुस्तक शायद ही कभी तत्वों की सामान्य परिभाषाओं की अनिश्चित प्रकृति के बारे में बताते हैं।
- विद्यार्थियों के लिए तत्वों की विकसित परिभाषाओं के इतिहास का पता लगाना उनकी वैधता की सशर्त प्रकृति को सम्प्रेषित करने में उपयोगी हो सकता है।

Notes:

1. This article is derived from a longer article first published in i wonder..., Feb 2017, pg. 84-94.
   URL: https://publications.azimpremjiuniversity.edu.in/1267/1/16_THE%20ORIGINS%20OF%20ELEMENTS.pdf.
   This version has some additions (by the editors) to update it and to make its connections to middle school science more explicit.
2. Source of the image used in the background of the article title: Chemistry. Credits: tommyvideo, Pixabay.
   URL: https://pixabay.com/illustrations/atoms-molecule-chemistry-science-5064796/. License: CC0.

References:

1. See 'The Atom in the History of Human Thought' authored by Bernard Pulman and published by Oxford University Press (1998) for a more comprehensive account.
2. See an accurate motion picture of Brownian motion here: *https://en.wikipedia.org/wiki/Brownian_motion.*
3. Watch Sam Kean take us through the nearly 2,400-year quest to see the atom in this episode of Reactions' "Legends of Chemistry" series: *https://www.youtube.com/watch?v=ipzFnGRfsfE.*
4. Watch Olivia Gordon, from SciShow, explain how the Scanning Tunnelling Microscope allows us to see individual atoms in a sheet of metal: *https://www.youtube.com/watch?v=S-M7JjYCITY.*
5. See David Nadlinger's award-winning photo of a strontium atom and read about how he took it: *https://www.ox.ac.uk/news/science-blog/image-strontium-atom-wins-national-science-photography-prize.*
6. See David Muller's image of an atom and read more about it here: *https://dug.com/behold-the-highest-resolution-image-of-atoms-ever-taken/.*

श्रीनिवासन कृष्णन ने सेमी-क्लासिकल क्वांटम ग्रेविटी के क्षेत्र में द इंटर-यूनिवर्सिटी सेंटर फ़ॉर एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफ़िज़िक्स (IUCAA), पुणे से पीएचडी की है। उन्होंने सेंटर फ़ॉर लर्निंग (सीएफ़एल), बेंगलूरु में विज्ञान पढ़ाया है। उन्हें डिज़ाइन और प्रौद्योगिकी, इलेक्ट्रॉनिक्स और क़िताबें पढ़ने में भी गहरी रुचि है। उनसे ksrini69@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अमेय कान्त **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय