भारतीय विज्ञान संस्थान के शोध समाचार पत्र *कर्नेल* का अनुवाद

अंक 4, 2021

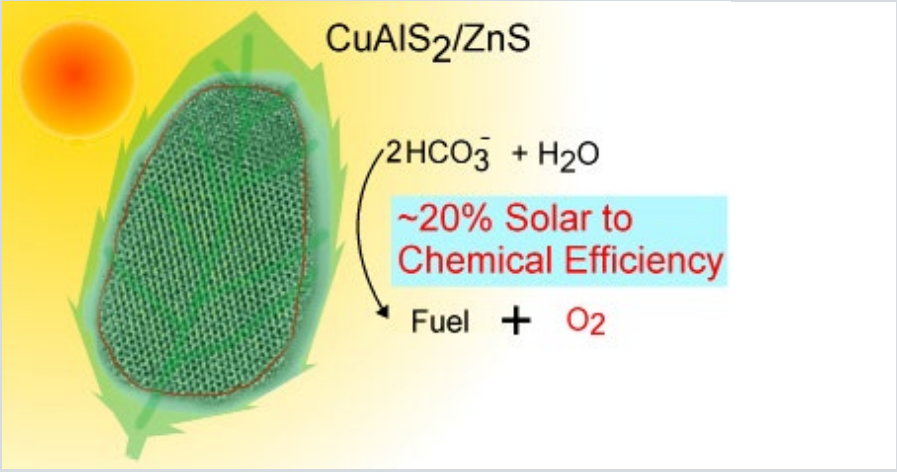
तत्त्व

संपादकीय

मनुष्य ने अधिक प्रभावी उपकरणों, संरचनाओं और सामग्रियों, जो हमारे जीवन की गुणवत्ता में सुधार कर सकती हैं, को डिजाइन करने के लिए हमेशा प्राकृतिक दुनिया की ओर देखा है। केरनल के इस अंक में, इस बारे में और अधिक पढ़ें कि आईआईएससी के शोधकर्ताओं ने प्राकृतिक प्रक्रियाओं की अपनी समझ को विभिन्न क्षेत्रों में कैसे लागू किया है।

हम वर्तमान में चल रही कोविड-19 महामारी की बेहतर समझ और निदान से संबंधित नई शोध और सामग्री वैज्ञानिकों के काम को भी दिखाते हैं जो यह समझने के लिए मॉडल और मशीन अधिगम का उपयोग करते है कि सामग्री कैसे व्यवहार करती है।

जीवन से सीख/सबक



छवि सौजन्य: अंशु पांडे

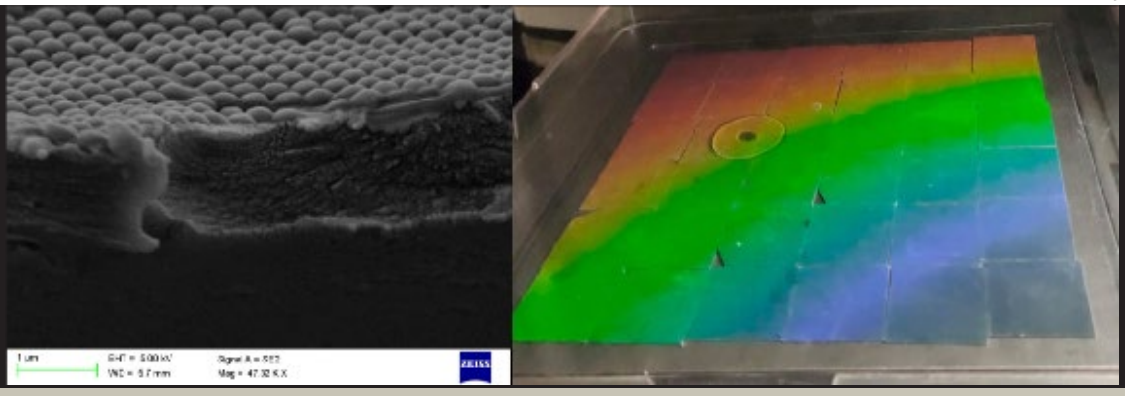
भले ही वेल्क्रो बांधक/फास्टनर के आविष्कारक हो, जिन्होंने अपनी पैंट पर चिपचिपे काँटेदार पौधे के बीज देखे हों, या हाल ही में चींटी-जैसे/प्रेरित रोबोटों, जो जीपीएस से बेहतर नौवहन करते हैं, के निर्माता, जब चीजों के निर्माण की बात आती है, तो मनुष्य ने हमेशा प्रेरणा के लिए प्रकृति की ओर देखा है। सूक्ष्म सामग्रियों से लेकर मशीनों और शिल्प कला तक, वैज्ञानिकों ने लंबे समय से विभिन्न उपकरणों और सामग्रियों को बेहतर बनाने के लिए जैविक प्रक्रियाओं के अपने ज्ञान का उपयोग किया है। आईआईएससी के शोधकर्ताओं ने भी जैविक प्रक्रियाओं के अपने ज्ञान को सामग्री और जैव अकार्बनिक रसायन

शास्त्र जैसे क्षेत्रों में लागू किया है, जिससे संभावित रूप से जीवविज्ञान की हमारी समझ में भी सुधार हो सकता है।

उदाहरण के लिए प्रकाश संश्लेषण को लीजिए। ठोसावस्था और संरचनात्मक रसायन विज्ञान इकाई (एसएससीयू) में एसोसिएट प्रोफेसर, अंशु पांडे, जो क्वांटम डॉट्स नामक नैनोक्रिस्टल के अध्ययन में विशेषज्ञ हैं, ने एसएससीयू में सहयोगियों एवं कार्बनिक रसायन विभाग के साथ मिलकर, 'क्वांटम पत्ती' बनाकर कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण करने का एक नया तरीका तैयार किया है। ये नैनोक्रिस्टल एक अकार्बनिक कार्बन डाइऑक्साइड नमक को दृश्य प्रकाश की उपस्थिति में कार्बनिक ईंधन में परिवर्तित कर सकते हैं। शोधकर्ताओं ने, महत्वपूर्ण रूप से, खरोंच से क्वांटम डॉट सामग्री (CuAlS2/ZnS) को संश्लेषित किया।

शेष भाग पृष्ठ 2 पर

पेज 1 से आगे



सामग्री में फोटो उत्प्रेरक प्रकाश कटाई के लिए एक इष्टतम बैंडगैप होता है, जिसका अर्थ है कि इलेक्ट्रॉन उत्प्रेरक से आस-पास के अणुओं तक आसानी से कूद सकते हैं। यह विशेषता मुख्य प्रतिक्रिया के लिए सामग्री को एक श्रेष्ठ फोटो उत्प्रेरक के रूप में कार्य करने में सक्षम बनाती है जो प्रभावी रूप से कार्बनिक कार्बन (फॉर्मेट नमक के रूप में) का उत्पादन करती है।

"कृत्रिम प्रकाश संश्लेषण का क्षेत्र 1980 के दशक से सक्रिय है, लेकिन वास्तविक चुनौती एक ऐसी प्रणाली बनाने की है जो वास्तव में उपयोगी होने के लिए पर्याप्त रूप से प्रभावी हो। हमारी 'क्वांटम पत्ती' प्राकृतिक पत्तियों की तुलना में लगभग 100 गुना अधिक उत्पादक है, और सौर-से-रासायनिक ऊर्जा रूपांतरण दर बहुत अधिक है, 20% तक "वे कहते हैं। "प्रकृति अपनी तरह से प्रकाश संश्लेषण करती है और इसे बहुत अच्छी तरह से करती है। लक्ष्य केवल जीवित प्रक्रियाओं की दक्षता की नकल करना नहीं है, बल्कि एक दूसरे मार्ग से इससे आगे बढाने का प्रयास करना है। हम पूछना चाहते थे कि क्या कोई अन्य, अधिक कुशल तरीका है जिसे हम विकसित कर सकते हैं जो समान उपयोगिता प्रदान करता है।" क्वांटम पत्ती वर्तमान में उद्योग स्तर के उपयोग के लिए एक उपकरण के रूप में विकसित की जा रही है जो बड़े पैमाने पर जैविक कच्चा माल/फीडस्टॉक और ईंधन का उत्पादन कर सकती है।

सौर बैटरियों के उपयोग के माध्यम से भी सूर्य की ऊर्जा का उपयोग किया जा सकता है। हालांकि, प्रभावी सौर बैटरी विकसित करना चुनौतीपूर्ण है, सामग्री इंजीनियरिंग विभाग के प्रोफेसर प्रवीण राममूर्ति बताते हैं। "सौर बैटरियों के विकास में कई चुनौतियाँ हैं, जैसे उपयुक्त सामग्री चुनना और उपकरण की संरचना को अनुकूलित करना। दूसरा, ऐसी बैटरियों की दक्षता कई कारकों, जैसे आपतित प्रकाश के कोण आदि, के साथ भिन्न-भिन्न होती है, "वे कहते हैं।

संयोग से, राममूर्ति और उनकी टीम (जगदीश एके, वरुण ए, जी हेगड़े और आर महापात्रा को मिलाकर) एक खोज पर टकराए जिसे जीवविज्ञानियों ने फल मक्खियों में बनाया था। इन मक्खियों ने, कई अन्य कीड़ों की तरह नौवहन के लिए सूरज की रोशनी पर निर्भर रहने वाली इस समस्या का बहुत बढ़िया तरीके से समाधान कर दिया था। उनकी आंखों में जटिल नैनोस्केल पैटर्न होते हैं जो उन्हें कम-प्रकाश जैसी परिस्थितियों में अच्छी तरह से अनुकूलित करने की अनुमति देते हैं। कीड़ों की आंखों की जालीदार संरचना में एक बहुस्तरीय व्यवस्था होती है जो एक विशेष तरंग दैर्ध्य में परावर्तित होने वाले हिस्से को कम करके प्रकाश को बेहतर तरीके से अवशोषित करती है।

इस डिजाइन से प्रेरित होकर, राममूर्ति और उनके सहयोगियों ने एक सिलिकॉन-पॉलीस्टाइरीन संरचना वाली सौर बैटरी का निर्माण किया, जो कम परावर्तन और आसान आवेश पृथक्करण के कारण कुशलता से प्रदर्शन करती है जो कि सरणी बनाने के लिए उपयोग की जाने वाली सामग्री की एक विशेषता होती है। इस प्रकार टीम ने बायोमिमेटिक्स और नई इंजीनियरिंग सामग्री के संयोजन से बेहतर और मजबूत प्रदर्शन के साथ बड़े क्षेत्र के सौर बैटरियाँ बनाई हैं। इस डिजाइन ने सौर बैटरी कोण को संशयवादी बना दिया है, जिससे संचयी बिजली संचयन में लगभग 25% की वृद्धि हुई है।

हमारे चारों ओर रहने वाले जीवों की विशद विविधता हमारी आंखों में आसानी से समा जाती है। हालांकि, हमारे शरीर के अंदर कोशिकाओं और अणुओं के स्तर पर एक अदृश्य दुनिया भी है। इस स्तर पर, जैविक प्रक्रियाएं समान संरचनाओं और जैव रासायनिक प्रतिक्रियाओं की नींव पर निर्मित होती हैं। ये सभी प्रतिक्रियाएं एंजाइम नामक उत्प्रेरक पर निर्भर करती हैं; उनकी अनुपस्थिति या विफलता संभावित रूप से बीमारियों का कारण बन सकती है। हाल के दिनों में, शोधकर्ता वांछित कार्य करने के लिए तैयार प्रयोगशाला में इन एंजाइमों को डिजाइन करने में सक्षम रहे हैं।

लेकिन एक कदम आगे बढ़ते हुए, कुछ ऐसी कल्पना करें जिसमें निर्विवाद रूप से एक गैर-जीवित, जीवित प्रकार्य कर रहा हैं। नैनोजाइम दर्ज करें – जैव अकार्बनिक उत्प्रेरक जो हमारी कोशिकाओं में/पर होने के लिए काफी छोटे होते हैं और वास्तविक एंजाइमों की गतिविधि का अनुकरण करते हैं। अकार्बनिक और भौतिक रसायन विज्ञान विभाग में जी. मुगेश का समूह नैनोस्केल सामग्री इंजीनियरिंग पर काम करता है जो हमारे शरीर के अंदर सामान्य या निष्क्रिय एंजाइमों की उत्प्रेरक क्रियाओं को पूरक कर सकता है। ये क्रियाएं हमारे ऊतकों और अंगों की सुचारू कार्यप्रणाली के लिए महत्वपूर्ण हैं। हालांकि, हमारे शरीर में या यहां तक कि एकल कोशिकाओं में किसी भी बाहरी पदार्थ को पेश करना इतना आसान काम नहीं है।

यह संभावना है कि बाहरी सामग्री को अस्वीकार कर दिया जाएगा, या तो कोशिका झिल्ली द्वारा अवरुद्ध कर दिया जाएगा या हमारी प्रतिरक्षा प्रणाली द्वारा स्रावित रसायनों द्वारा निष्क्रिय कर दिया जाएगा।

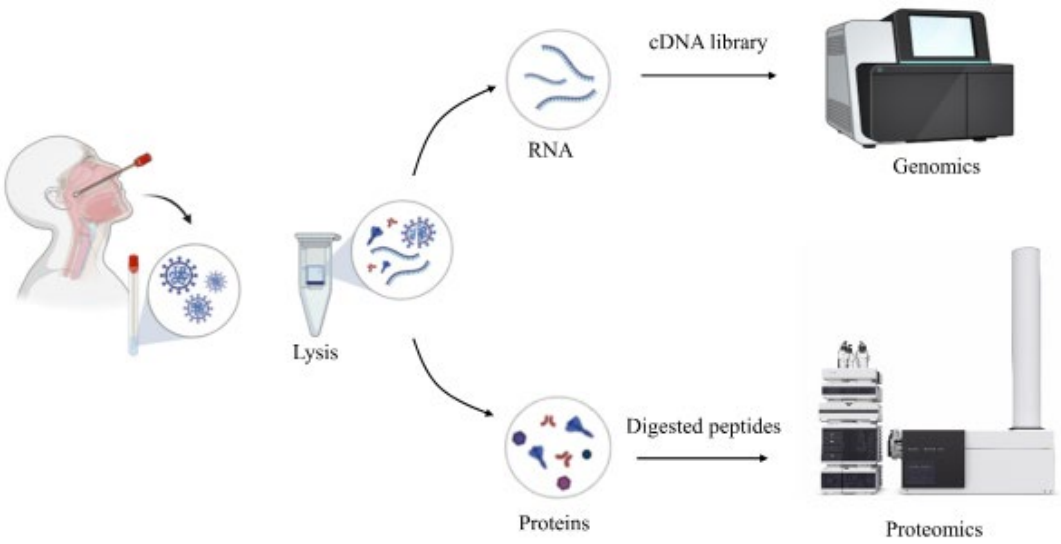
जीवित कोशिकाओं में, अतिरिक्त प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों जैसे सुपरऑक्साइड, की उपस्थिति के कारण ऑक्सीडेटिव तनाव, माइटोकॉन्ड्रिया को नुकसान पहुंचा सकता है और समय से पहले बूढ़ा कर सकता है। मुगेश के समूह ने एक सेरियम वैनाडेट नैनोजाइम विकसित किया है जो सुपरऑक्साइड डिसम्यूटेज नामक धातु युक्त एंजाइम के कार्य को पूरी तरह से प्रतिस्थापित कर सकता है। यह सुपरऑक्साइड के स्तर को नियंत्रण में रखने का काम करता है, जिससे न्यूरोनल कोशिकाओं में माइटोकॉन्ड्रिया के प्रकार्य/फ़ंक्शन को नियंत्रित करता है, और एटीपी नामक एक महत्वपूर्ण ऊर्जा-वाहक अणु के स्तर में वृद्धि के लिए अग्रणी कार्य करता है। हाल ही में एक अंतःविषयक अध्ययन में, मुगेश और सहयोगियों ने यह भी पाया कि वैनेडियम पेंटोक्साइड नैनोशीट्स वायरस से होने वाली ऑक्सीडेटिव क्षति को पूर्ववत करके एचआईवी-1 संक्रमण का सफलतापूर्वक मुकाबला कर सकती हैं।

कुछ कृत्रिम एंजाइम गंभीर संक्रमण पैदा करने वाले बैक्टीरिया से लड़ने का काम भी करते हैं। एक रासायनिक विधि के माध्यम से संश्लेषित सेरियम-ऑक्साइड-आधारित नैनोजाइम संक्रमण पैदा करने के लिए आवश्यक प्रक्रिया : ई. कोलाई, विब्रियो कोलेरा और क्लेबसिएला न्यूमोनिया जैसे कई रोग पैदा करने वाले बैक्टीरिया द्वारा बायोफिल्म के निर्माण को बाधित कर सकते है। यह खोज भी रसायन विज्ञान और सूक्ष्म जीव विज्ञान प्रयोगशालाओं के बीच एक सहयोग था। नैनोजाइम का परीक्षण मूत्र कैथेटरों पर किया गया है जो कि अस्पतालों में जैवफिल्म संदूषण के लिए अतिसंवेदनशील होते हैं ।

ये सभी उदाहरण - प्रकाश संश्लेषण के लिए क्वांटम पत्ती, फल मक्खी से प्रेरित सौर बैटरी और कृत्रिम जैव अकार्बनिक एंजाइम - इस बात के प्रमाण हैं कि कैसे ज्ञान को पारंपरिक अनुसंधान क्षेत्रों में स्थानांतरित किया जा सकता है और अद्वितीय नवाचारों को जन्म दिया जा सकता है। जैसा कि राममूर्ति कहते हैं, "प्रकृति को प्रेरणा के लिए देखना और किसी समस्या को किसी क्षेत्र विशेष से संबंधित ही होने के बारे में, नहीं सोचना हमेशा एक अच्छा विचार है।"

- सुनरीता भट्टाचार्य

छवि: शीतल तुशीर



आईआईएससी टीम द्वारा नोवल कोरोनावायरस के नए उत्परिवर्तन और प्रोटीन प्रकाशित किए गए

जोर्नल ऑफ प्रोटीओम रिसर्च में प्रकाशित आईआईएससी के एक हालिया अध्ययन ने सार्स-कोव-2 के आइसोलेट्स में कई उत्परिवर्तन और अद्वितीय प्रोटीन की पहचान की है, एक वायरस जो कोविड-19 का कारण बनता है। यह भी दिखाया गया है कि मेजबान अपने स्वयं की कई प्रकार की प्रोटीन का उत्पादन करता है क्योंकि उनका शरीर वायरल हमले के जवाब में एक प्रतिरक्षाविज्ञानी रक्षा शुरू करता है।

कोविड-19 ने केवल एक वर्ष में 2.5 मिलियन से अधिक लोगों की जान ली है। दुनिया भर से रिपोर्ट किए जा रहे वायरस के नए उपभेदों - या आनुवंशिक रूपांतरों - के साथ मानवता को नई चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है। यह अच्छी तरह से समझने के लिए कि वायरस और इसकी प्रोटीन जीवविज्ञान (आनुवंशिक जानकारी का उपयोग करके प्रोटीन बनाए जाते हैं), कैसे उत्परिवर्तित हो रही है, जैव रसायन विभाग के प्रोफेसर उत्पल तातु के नेतृत्व में आईआईएससी की एक टीम ने एक व्यापक "प्रोटियो-जीनोमिक" जांच - एक श्रृंखला सार्स-कोव-2 आइसोलेट्स का विश्लेषण किया है। बेंगलुरु में कोविड-19 पॉजिटिव व्यक्तियों की सहमति से नाक के स्राव से आइसोलेट्स या वायरल नमूने बरामद किए गए।

जीनोमिक विश्लेषण एनजीएस का उपयोग करके किया गया था, जिसे तातु जैसे आणविक जीवविज्ञानी अगली पीढ़ी अनुक्रमण (एनजीएस) कहते हैं, एक ऐसी प्रौद्योगिकी जो पूरे जीनोम के तेजी से अनुक्रमण की अनुमति देती है। उनका कहना है कि दुनिया भर से वायरल स्ट्रेन के जीनोम का अनुक्रमण महत्वपूर्ण है क्योंकि यह लगातार उत्पन्न होने वाले उत्परिवर्तन/म्यूटेशन पर नज़र रखने में मदद करता है। उनकी टीम के विश्लेषण से पता चलता है कि वायरस अब पहले की तुलना में तेजी से उत्परिवर्तित हो रहा है - बेंगलुरु के तीन आइसोलेट्स में उनके जीनोम में 27 उत्परिवर्तन थे, प्रति नमूने में 11 से अधिक उत्परिवर्तन, जो राष्ट्रीय औसत (8.4) और वैश्विक औसत (7.3) दोनों से अधिक है।

वायरस के प्रसार और क्रमिक विकास के इतिहास को समझने के लिए, टीम ने अनुक्रम डेटा का उपयोग करके वायरल नमूनों/आइसोलेट्स का एक वैश्विक फ़ाइलोजेनेटिक पेड़, या संबंधितता का पेड़ बनाया है। फ़ाइलोजेनेटिक विश्लेषण में पाया गया कि बेंगलुरू के आइसोलेट्स बांग्लादेश के एक नमूने से सबसे अधिक निकटता से संबंधित हैं। इससे यह भी पता चला है कि भारत में आइसोलेट्स की उत्पत्ति एक ही पैतृक प्रकार के परिवर्त्य/नमूने से विकसित होने की बजाय अनेक प्रकार के मूल नमूनों से हुई है।

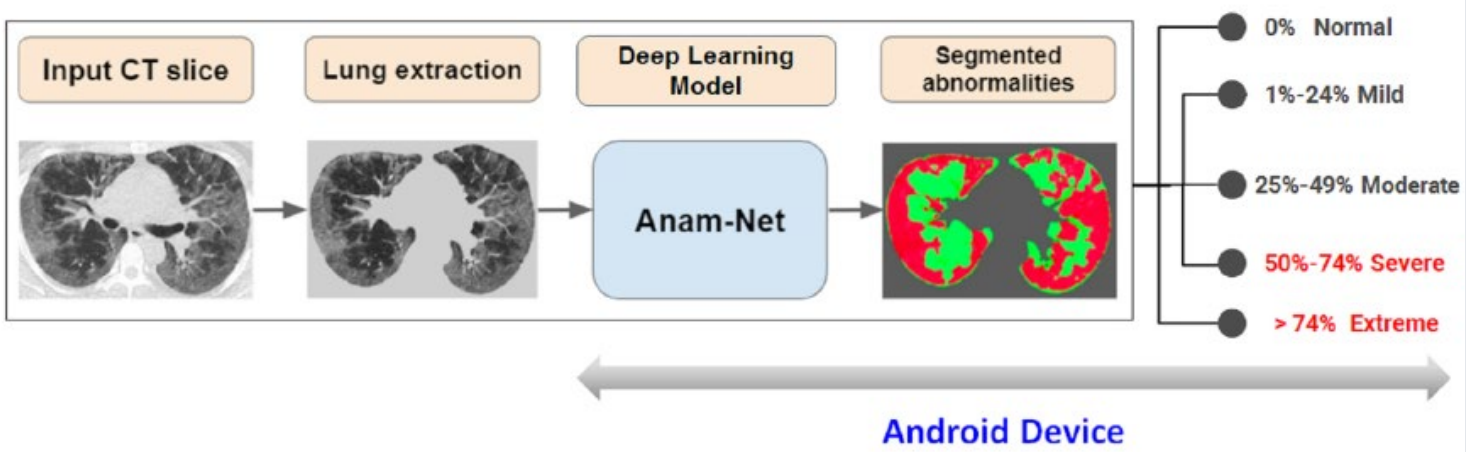
सार्स-कोव-2 जीनोम 25 से अधिक प्रोटीनों के लिए संकेतन/कोड करता है, लेकिन इनमें से कुछ ही प्रोटीनों की अब तक पहचान की जा सकी है। "वायरल प्रोटीन का अध्ययन कार्यात्मक जानकारी प्रदान करता है जिसका वर्तमान में अच्छी तरह से प्रतिनिधित्व नहीं किया गया है," तातु कहते हैं। प्रोटिओमिक विश्लेषण में, उनकी टीम ने नैदानिक नमूनों - से 13 अलग-अलग प्रोटीनों का पता लगाया - उनमें से अधिकांश पहले अज्ञात थी। ऐसी एक प्रोटीन जो ओआरएफ़9बी (Orf9b) कहलाती है, जो मेजबान की प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को दबा देती है, की भविष्यवाणी की गई थी, लेकिन आईआईएससी टीम ने इसकी अभिव्यक्ति का पहला प्रमाण प्रदान किया।

“केवल यह जानना पर्याप्त नहीं होगा कि वायरस कैसे कार्य करता है। हमें इसे मेजबान के संदर्भ में देखने की जरूरत है,” तातु कहते हैं। इसलिए, तीसरे विश्लेषण में, उनकी टीम ने पता लगाया कि मेजबान प्रोटीन की जांच करके हमारा शरीर वायरस के प्रति कैसे प्रतिक्रिया करता हैं। उन्होंने कोविड-19 पॉजिटिव रोगियों के लिए असामान्य 441 प्रोटीन की खोज की, जिनमें से कई शरीर की प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया में महत्वपूर्ण भूमिका निभाने के लिए कल्पित/अनुमानित है।

उच्च विभेदन परिमाण स्पेक्ट्रोमेट्री नामक तकनीक का उपयोग करके प्रोटिओमिक विश्लेषण किया गया। टीम बड़े पैमाने पर परीक्षण के लिए इस पद्धति की क्षमता के बारे में उत्साहित है। प्रोटीन कोविड-19 जैसे संक्रमणों की विश्वसनीय चिह्नक हो सकती हैं क्योंकि वे आरएनए अणुओं की तुलना में अधिक प्रचुर मात्रा में और स्थिर होते हैं जिन पर प्रचलित आरटी-पीसीआर परीक्षण निर्भर करते हैं। शीतल तुशीर, एक पीएचडी छात्रा और शोध-पत्र की पहली लेखिका कहती हैं, "इस सदी में हम जो सबसे अच्छी चीज [उम्मीद] देख सकते हैं, वह है निदान के लिए बुनियादी तकनीक के रूप में परिमाण स्पेक्ट्रोमेट्री का उपयोग करना है।"

- सिदरत तसवूर कांत

छवि सौजन्य: आईईईई



कोविड-19 जनित फेफड़ों के संक्रमण के स्वचालित निदान के लिए ए आई - आधारित उपकरण

एक नया सॉफ्टवेयर टूल, जो कोविड-19 रोगियों में फेफड़ों के संक्रमण की गंभीरता को प्रकट करता है, को कंप्यूटेशनल और डेटा साइंस (सीडीएस) और आईआईएससी में उपकरण और अनुप्रयुक्त भौतिकी विभाग के शोधकर्ताओं द्वारा ओस्लो यूनिवर्सिटी अस्पताल और नॉर्वे में एगडर विश्वविद्यालय के सहयोगियों के सहयोग से विकसित किया गया है। आईईईई ट्रांजेक्शन्स ऑन न्यूरल नेटवर्क्स एंड लर्निंग सिस्टम्स जोर्नल में प्रकाशित एक हालिया अध्ययन में इसका वर्णन किया गया है।

कोविड-19, श्वसन प्रणाली, विशेष रूप से फेफड़ों के ऊतकों को गंभीर नुकसान पहुंचा सकता है। छवि-आधारित तरीके जैसे एक्स-रे या सीटी स्कैन यह निर्धारित करने में मददगार साबित हो सकते हैं कि संक्रमण कितना बुरा है।

आईआईएससी के नेतृत्व वाली टीम द्वारा विकसित सॉफ्टवेयर टूल, जिसे अनमनेट(AnamNet) कहा जाता है, कोविड-19 रोगियों के छाती के सीटी स्कैन को 'पढ़' सकता है, और एक विशेष प्रकार के तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग करके विशिष्ट असामान्य विशेषताओं की खोज द्वारा अनुमान लगा सकता है कि फेफड़ों में कितना नुकसान हुआ है। ऐसा उपकरण डॉक्टरों को स्वचालित सहायता प्रदान कर सकता है और इस प्रकार यह कोविड-19 के बेहतर प्रबंधन और तेजी से निदान में मदद करता है।

अनमनेट गहन अधिगम और अन्य छवि प्रसंस्करण तकनीकों को नियोजित करता है, जो अब जैव चिकित्सा अनुसंधान और अनुप्रयोगों के अभिन्न अंग बन गए हैं। सॉफ्टवेयर छाती के सीटी स्कैन में उच्च सटीकता के साथ संक्रमित क्षेत्रों की पहचान कर सकता है।

शोधकर्ताओं ने अनमनेट को असामान्यताओं की तलाश करने और फेफड़ों के स्कैन के क्षेत्रों को संक्रमित या गैर-संक्रमित के रूप में वर्गीकृत करने के लिए प्रशिक्षित किया है - इसे 'खंडकरण/सेगमेंटेशन' कहा जाता है। उपकरण स्वस्थ क्षेत्र के साथ संक्रमित क्षेत्र की सीमा की तुलना करके रोग की गंभीरता का निर्णय कर सकता है। "यह मूल रूप से छाती के सीटी स्कैन से लक्षणों को निकालता है और उन्हें एक गैर-रेखीय स्थान [एक गणितीय प्रतिनिधित्व] पर प्रस्तुत/प्रोजेक्ट करता है, और फिर इस प्रतिनिधित्व से [खंडित] छवि को फिर से बनाता है। इसे एनामॉर्फिक छवि प्रसंस्करण कहा जाता है," सीडीएस में एसोसिएट प्रोफेसर, फणेंद्र यालावर्थी की प्रयोगशाला में पहले लेखक और पीएचडी छात्र, नवीन पालुरु बताते हैं।

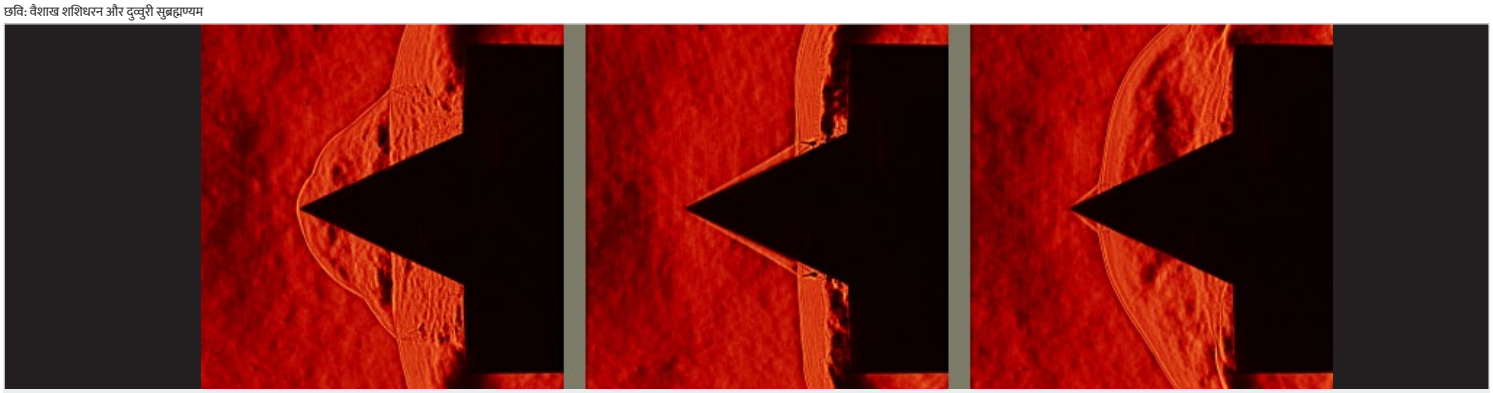
अध्ययन ने अनमनेट के प्रदर्शन की तुलना अन्य अत्याधुनिक सॉफ्टवेयर उपकरणों से भी की है जो ऐसे समान कार्य करते हैं। यह न केवल अपनी सटीकता में अपने साथियों से मेल खाता है, बल्कि कम मापदंडों का उपयोग करके भी उतना ही अच्छा प्रदर्शन करता है। तंत्रिका नेटवर्क भी संगणकीय रूप से कम जटिल था, जिसने शोधकर्ताओं को विसंगतियों का पता लगाने के लिए इसे बहुत तेजी से प्रशिक्षित करने की अनुमति दी।
अनमनेट का एक अन्य महत्वपूर्ण लाभ यह है कि यह सॉफ्टवेयर एक छोटे मेमोरी फुटप्रिंट के साथ काफी हल्का है। इसने टीम को कोवसेग नामक एक ऐप विकसित करने में सक्षम बनाया है जिसे मोबाइल फोन पर चलाया जा सकता है और इसलिए सशक्त रूप से स्वास्थ्य पेशेवरों द्वारा उपयोग किया जा सकता है। पलुरु कहते हैं, "हमें एक हल्के ढांचे की आवश्यकता महसूस हुई, जिसे स्मार्टफोन या रास्पबेरी पाई पर पॉइंट-ऑफ-केयर नैदानिक उपकरण के रूप में तैनात किया जा सकता है।" उन्होंने आगे कहा कि यह सुविधा वर्तमान में उपलब्ध अत्याधुनिक तकनीकों जैसे यूनेट से गायब है, जिसके लिए विशेष हार्डवेयर की आवश्यकता होती है।

लेखकों के अनुसार, अनमनेट कोविड-19 रोगियों में केवल फेफड़ों के संक्रमण की पहचान करने से परे भी अच्छा कार्य करता है। "हम वर्तमान में कोविड-19 स्कैन को संभालने के लिए अपने सॉफ़्टवेयर को और अधिक मजबूत बनाने पर ध्यान केंद्रित कर रहे हैं, लेकिन हम निकट भविष्य में निमोनिया, फाइब्रोसिस और यहां तक कि फेफड़ों के कैंसर जैसी अन्य सामान्य फेफड़ों की बीमारियों के लिए भी इसमें विविधता लाने की कोशिश कर रहे हैं," यालावर्ती कहते हैं। उनका सुझाव है कि वर्तमान डिज़ाइन में कुछ बदलावों के साथ, सॉफ़्टवेयर का उपयोग मस्तिष्क स्कैन को पढ़ने के लिए भी किया जा सकता है।

सॉफ्टवेयर उपकरण जनता के लिए स्वतंत्र रूप से उपलब्ध है। हालांकि, शोधकर्ताओं ने चेतावनी दी है कि यह अभी तक चिकित्सकीय रूप से सिद्ध या मूल्यांकित नहीं किया गया है।

- सुनरीता भट्टाचार्य

छवि: वैशाख शशिधरन और दुव्वुरी सुब्रह्मण्यम



अतिध्वनिक/हाइपरसोनिक गति पर अस्थिर प्रघात तरंगे

जब रॉकेट और विमान ध्वनि की गति से तेज गति से चलते हैं, तो विमान के ढांचे/शरीर के चारों ओर प्रघात तरंगें/शॉक वेव्स नामक गहन विक्षोभ पैदा होता है। कुछ शर्तों के तहत, प्रघात तरंगें शरीर के सापेक्ष आवधिक दोलन गति प्रदर्शित कर सकती हैं। ऐसा व्यवहार मौलिक रुचि का है, और पहले सरल निकायों के लिए अध्ययन किया गया था जिसे एक एकल ज्यामितीय पैरामीटर द्वारा वर्णित किया जा सकता है।

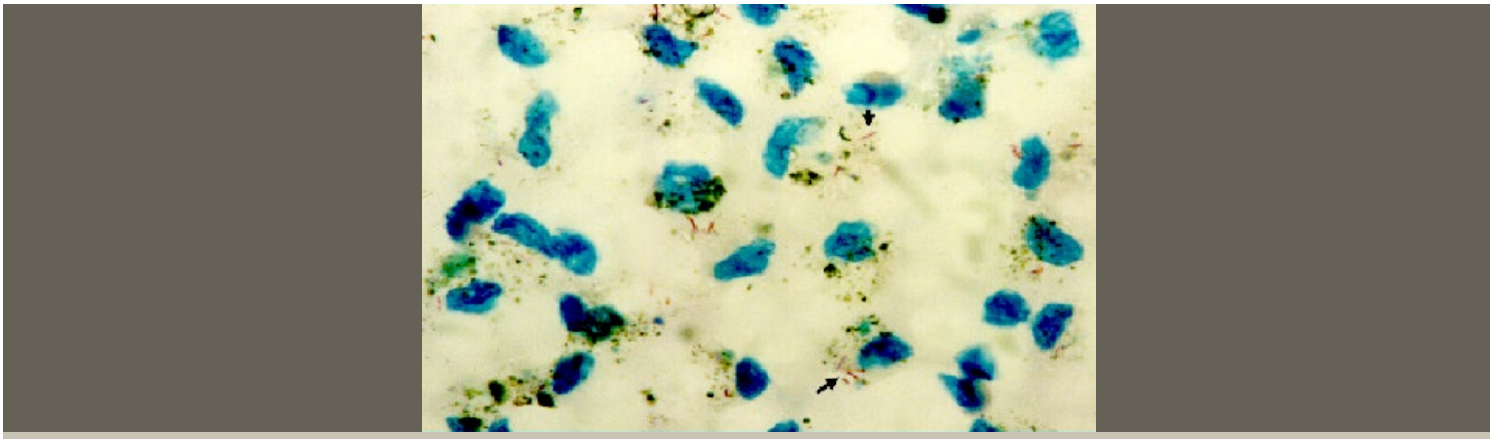
अब, दुव्वुरी सुब्रह्मण्यम के नेतृत्व में एयरोस्पेस इंजीनियरिंग विभाग के शोधकर्ताओं ने नई और दिलचस्प गतिशीलता का खुलासा किया है जो अस्थिर प्रघात-तरंग गति को नियंत्रित करती हैं जब दो ज्यामितीय पैरामीटर चल रहे होते हैं। उनकी गतिमान वस्तु एक बेलन पर स्थित एक शंकु है - शंकु कोण और शंकु आधार एवं बेलन व्यास का अनुपात दो पैरामीटर बनाते हैं। यह हाइपरसोनिक हवाई टनल में ध्वनि की गति से छह गुना अधिक हवा का प्रवाह होने पर होता है। प्रघात-तरंग व्यवहार का अध्ययन करने के लिए श्लीरेन नामक एक ऑप्टिकल इमेजिंग तकनीक का उपयोग किया गया था।

शोधकर्ताओं ने पाया कि विभिन्न अधिनियंत्रक मापदंडों में भिन्नता के कारण निर्मित वायु प्रवाह पैटर्न के परिणामस्वरूप प्रघात-तरंग अस्थिरता की दो अलग-अलग अवस्थाएँ बन गई।

एक निश्चित पैरामीटर परिस्थिति/सीमा में, प्रघात-तरंगें अत्यधिक विक्षोभ स्थिति में थीं, जिसके परिणामस्वरूप 'स्पंदन' हुआ, जिसमें, एक अलग सीमा में घटित होने वाले अपेक्षाकृत कम आयाम 'दोलन' की तुलना में अस्थिरता का बहुत अधिक आयाम होता है।

- सिदरत तसवूर कांत

छवि सौजन्य: एस विजया



प्रतिरक्षा प्रणाली जैव चिन्हक का उपयोग करके टीबी का निदान

तपेदिक (टीबी) का, विशेष रूप से फेफड़ों के अलावा शरीर के अन्य अंगों को प्रभावित करने वाले रूपों में, निदान करना मुश्किल हो सकता है। सूक्ष्म जीव विज्ञान और कोशिका जीव विज्ञान विभाग में एस विजया के नेतृत्व में शोधकर्ताओं ने बेसिली के लिए अद्वितीय कुछ प्रोटीनों के लिए एक मेजबान की प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया का उपयोग करने के लिए एक नया, तेज और अधिक कुशल तरीका खोजा है ताकि यह पता लगाया जा सके कि उन्हें सक्रिय टीबी है या नहीं।

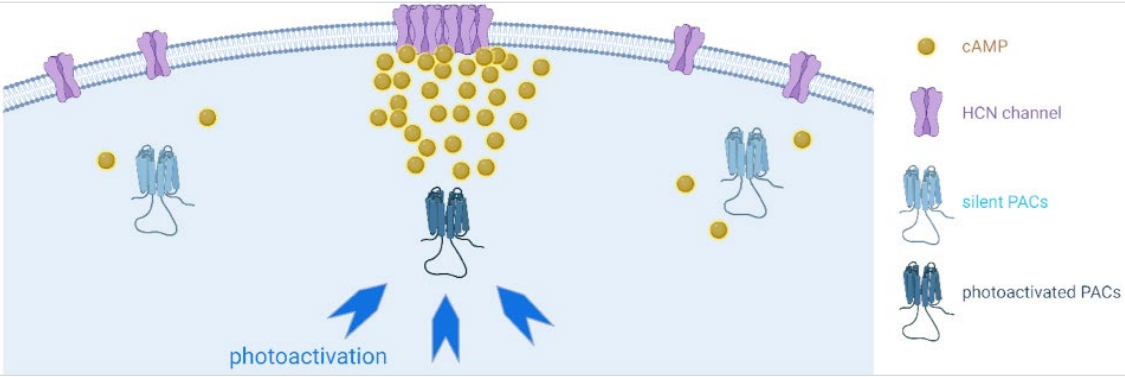
हमारे रक्त में प्रतिरक्षा कोशिकाओं की सतह पर अणुओं के अलग-अलग सेट होते हैं - प्रोटीन, शर्करा, छोटे यौगिक - इस बात पर निर्भर करता है कि वे स्वस्थ लोगों में जैसे निष्क्रिय हैं या नहीं, वर्तमान संक्रमण से लड़ रहे हैं, या पिछले संक्रमण को याद रखते हैं। ऐसे अणुओं (जिसे बायोमार्कर कहा जाता है) के एक निश्चित अद्वितीय संयोजन की उपस्थिति या अनुपस्थिति से शरीर में वर्तमान बीमारी का पता लगाना संभव हो जाता है।

टीम ने पाया है कि सक्रिय टीबी का निदान किया जा सकता है यदि रक्त के नमूनों में निम्नलिखित हस्ताक्षर के साथ प्रतिरक्षा कोशिकाएं मौजूद हों - एक संदेशवाहक अणु जिसे ट्यूमर नेक्रोटिक फैक्टर (TNF-α) कहा जाता है, को रिलीज करते समय जैव रसायन सीडी 38 और सीडी 4 हो/हैं लेकिन सीडी 27 की कमी हो/है। उन्होंने एक प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को ट्रिगर करने के लिए रक्त के नमूने में टीबी एंटीजन को जोड़ा।

फ्लो साइटोमेट्री का उपयोग करके नमूने में टी कोशिकाओं पर मार्कर प्रोटीन की उपस्थिति या अनुपस्थिति का विश्लेषण करके, वे टीबी का सटीक निदान करने में सक्षम थे।

- सुनरीता भट्टाचार्य

छवि सौजन्य: मिनी जोस दीपक

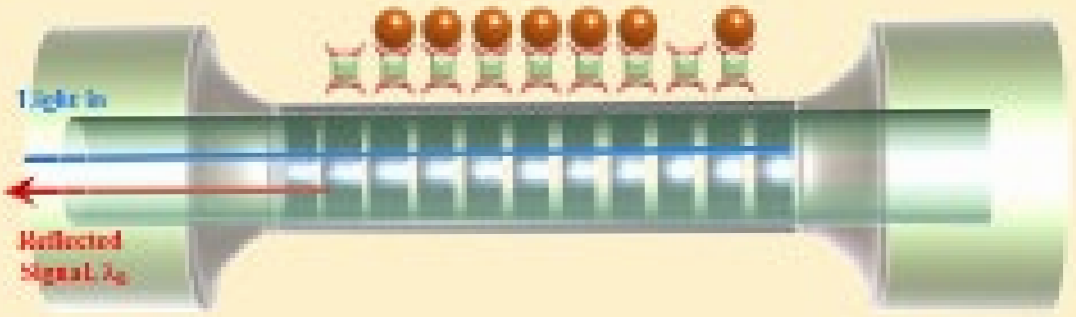


प्रकाश का उपयोग करके जीवित कोशिकाओं में आणविक हस्ताक्षरों को नियंत्रित करना

अणु जिन्हें द्वितीयक संदेशवाहक कहा जाता है, कोशिका झिल्ली की सतह से जीवित कोशिकाओं के अंदर लक्ष्य तक सूचना पहुँचाते हैं। सीएमपी मस्तिष्क में एक प्रमुख द्वितीयक संदेशवाहक है, जो सीखने और स्मृति से लेकर हृदय की मांसपेशियों के संकुचन और विश्राम तक की प्रक्रियाओं को न्यूनाधिक करने के लिए महत्वपूर्ण होते है। सीएमपी स्तरों में परिवर्तन निकट-झिल्ली संकेतन में शामिल विभिन्न जैव-अणुओं को नियमित करता है। सीएमपी द्वारा परिवर्तित प्रमुख अणुओं में एचसीएन चैनल नामक आयन चैनल होता हैं, जो हृदय कोशिकाओं में लयबद्ध गतिनिर्धारक गतिविधि और न्यूरॉन्स के बीच संचार में शामिल होता हैं। फोटोएक्टिवेटेड एडेनिल साइक्लेज (पीएसीज) नामक एंजाइम कोशिकाओं के भीतर उन पर पड़ने वाली नीली रोशनी की मात्रा ("फोटोएक्टीवेशन") को नियंत्रित करके कोशिकाओं के भीतर सीएंप स्तर को नियंत्रित करते हैं।

मिनी जोस दीपक के नेतृत्व में तंत्रिका विज्ञान केंद्र के एक शोध समूह ने प्रदर्शित किया है कि पीएसी द्वारा सीएमपी का वैश्विक और स्थानीय फोटोएक्टिवेशन कैसे जीवित कोशिकाओं में व्यक्तिगत एचसीएन चैनलों के संगठन और यादृच्छिक संचलन को नियंत्रित करता है। पीएसी के विभिन्न वर्ग अन्त:कोशिकीय सीएमपी को अलग-अलग तरीकों से बदलते हैं, जो आगे एचसीएन चैनलों की गति को बदलते है। यह अध्ययन एक गैर-आक्रामक, प्रकाश नियंत्रित दृष्टिकोण का उपयोग करके जीवित कोशिकाओं में जैव-अणुओं के संगठन और संचलन को बदलने के नए तरीके खोलता है। यह आणविक मार्गों को बदलने के लिए चिकित्सीय हस्तक्षेपों के लिए भी नए विचार/तर्क प्रदान करता है।

चित्र: कविता बीएस



पीने के पानी में जहरीले पारा का पता लगाने वाले सेंसर

स्वच्छ और सुरक्षित पेयजल तक पहुंच एक मौलिक मानव अधिकार है। चूंकि पेयजल स्रोतों का दूषित होना एक गंभीर सार्वजनिक स्वास्थ्य खतरा है, विश्व स्वास्थ्य संगठन (डब्ल्यूएचओ) ने पानी में जहरीले प्रदूषकों की उपस्थिति के लिए विशिष्ट सीमाएं निर्धारित की हैं। यदि प्रदूषक का स्तर इस सीमा से अधिक हो जाता है, तो पानी को उपभोग के लिए अनुपयुक्त माना जाता है। पारा एक ऐसा भारी धातु प्रदूषक है जो गुर्दे/किडनी और मस्तिष्क को नुकसान पहुंचा सकता है।

यद्यपि पारंपरिक स्पेक्ट्रोस्कोपी तकनीक डब्ल्यूएचओ के दिशानिर्देशित मान (6 मिलीग्राम/लीटर) पर पारा एकाग्रता को सटीक रूप से निर्धारित कर सकती है, उन्हें परिष्कृत उपकरण और प्रशिक्षित विशेषज्ञों द्वारा हैंडलिंग की आवश्यकता होती है। आईआईएससी और जवाहरलाल नेहरू सेंटर फॉर एडवांस साइंटिफिक रिसर्च (जेएनसीएएसआर) के शोधकर्ताओं ने एक संवेदनशील, वहनीय और लागत प्रभावी नक़्क़ाशीदार फाइबर ब्रैग ग्रेटिंग सेंसर (ईएफबीजी) विकसित करने के लिए काम किया है जिसका उपयोग व्यवहारिक परिस्थितियों/सेटिंग्स में किया जा सकता है। इस सेंसर की सतह को सिस्टीन-संयुग्मित नेफ़थलीन डायमाइड (सीएनसी) बोलाम्फीफाइल अणुओं के साथ लेपित किया गया था।

सीएनसी और पारा के बीच की पारस्परिक क्रिया सेंसर को विशिष्टता प्रदान करती है ताकि वह परीक्षण नमूनों में बहुत न्यून पारा सांद्रता (0.0000003 मिलीग्राम /लीटर या खतरनाक सीमा से 10 मिलियन गुना कम) का पता लगाने में सक्षम हो सके। नियमित नल के जल नमूनों के लिए भी सेंसर ने आशाजनक परिणाम प्रदान किए हैं। इसमें जल स्रोतों में पारा संदूषण के वास्तविक समय के परीक्षण की क्षमता है।

-सुकृति कपूर

अभिषेक सिंह (फोटो: केजी हरिदासन)

पदार्थवाद अच्छा है

एम अभिषेक सिंह की प्रयोगशाला सैद्धांतिक अनुरूपण और मशीन अधिगम का उपयोग करके सामग्री के गुणों का अध्ययन करती है

आईआईएससी में सामग्री अनुसंधान केंद्र (एमआरसी) में एसोसिएट प्रोफेसर एम अभिषेक सिंह कुछ अलग करने की जल्दी में हैं। "मैं ऐसे क्षेत्र में शोध नहीं करना चाहता था जहां अनुप्रयोग 20-30 साल बाद आ सकते हैं। मैं एक ऐसे क्षेत्र में काम करना चाहता था जिसमें [मेरे शोध] का तुरंत उपयोग किया जा सके," सिंह कहते हैं, यह बताते हुए कि उन्होंने सामग्री वैज्ञानिक बनने का विकल्प क्यों चुना।

इस क्षेत्र में एक शोधकर्ता के रूप में सिंह की यात्रा जापान के तोहोकू विश्वविद्यालय में पीएचडी के दौरान शुरू हुई, जो उन्होंने भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, दिल्ली में स्नाकोत्तर उपाधि के बाद की। पीएचडी के लिए उन्होंने सिलिकॉन आधारित सूक्ष्म संरचनाओं/नैनोस्ट्रक्चर का अध्ययन किया। उसके बाद उनके पास अमेरिका में दो पोस्टडॉक्टरल सीमित आय पर कार्यकाल थे - पहला कैलिफोर्निया विश्वविद्यालय (यूसी), सांता बारबरा में, जहां उन्होंने अर्ध चालक उपकरणों का अध्ययन किया, और दूसरा राइस विश्वविद्यालय में, जिसमें हाइड्रोजन भंडारण के लिए ग्राफीन नैनोमैटेरियल्स का अनुकूलन शामिल था।

आईआईएससी में सिंह 2010 में सहायक प्रोफेसर के रूप में शामिल हुए। एमआरसी में, वे सामग्री सिद्धांत और अनुरूपण समूह नामक एक प्रयोगशाला के प्रमुख हैं, जहां वे और उनके विद्यार्थी उन सामग्रियों की पहचान करने के लिए कंप्यूटेशनल विधियों का उपयोग करते हैं जिनका उपयोग हमारे जीवन की गुणवत्ता में सुधार के लिए अनुसंधान और उपकरणों में किया जा सकता है। वे कहते हैं, "ज्यादातर समय, मैं प्रासंगिकता की समस्याओं को हल करने का प्रयास करता हूँ। मुझे अपने आप को चुनौती देना भी पसंद है।"

अपनी प्रयोगशाला शुरू करते समय सिंह ने जिन चुनौतियों का सामना किया उनमें से पहली एक तापविद्युत सामग्री का अध्ययन करना था, जो ऊष्मा ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती है, और इंजनों और प्रशीतन के लिए उपयोग में लाई जाती है। उनके अनुसार, उनकी विशाल क्षमता के बावजूद, कम से कम भारत में इन सामग्रियों का अच्छी तरह से अध्ययन नहीं किया गया है। सिंह पारंपरिक सामग्रियों, जैसे सीसा आधारित सामग्री और सिलिकॉन-जर्मेनियम मिश्र धातुओं को बदलने के लिए उपयुक्त तापविद्युत सामग्री खोजने की तलाश में हैं, जिनकी दक्षता सीमित है। उदाहरण के लिए, कार के इंजन में तापविद्युत सामग्री के उपयोग से ऊष्मा के रूप में बर्बाद होने वाली ऊर्जा का दो-तिहाई हिस्सा कम किया जा सकता है।

सिंह की प्रयोगशाला में अनुसंधान का एक अन्य सक्रिय क्षेत्र द्वि-आयामी (2डी) सामग्री के गुणों की पहचान करने और उनके उपयोगी गुणों को बढ़ाने के तरीके खोजने के लिए कंप्यूटेशनल विधियों का उपयोग करना है। 2डी सामग्री के नैनोइलेक्ट्रॉनिक, प्रकाशिकी और लचीले उपकरणों में व्यापक अनुप्रयोग हैं। चूंकि सिंह की प्रयोगशाला ऐसी सामग्रियों पर सैद्धांतिक अनुसंधान में काफी हद तक शामिल है, इसलिए वे अपने निष्कर्षों को मान्य करने के लिए दुनिया भर में प्रयोगात्मक प्रयोगशालाओं के साथ बड़े पैमाने पर सहयोग करते हैं।

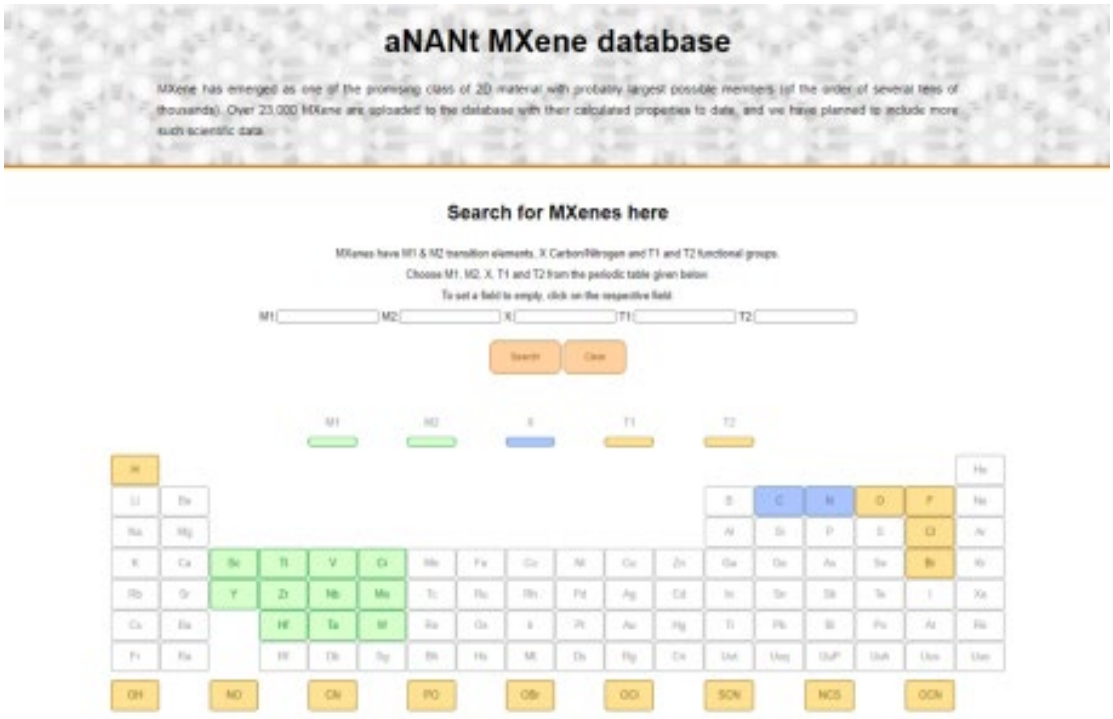
उदाहरण के लिए, एक महत्वपूर्ण सैद्धांतिक सफलता में, सिंह के समूह ने पाया कि अर्ध चालक मोलिब्डेनम डाइसल्फ़ाइड (MoS2) धातु में परिवर्तित हो जाता है जब उस पर दबाव डाला जाता है। उनके परिणामों को अमेरिका में ऑस्टिन में टेक्सास विश्वविद्यालय में एक प्रयोगात्मक प्रयोगशाला द्वारा स्वतंत्र रूप से मान्य किया गया था। इसके बाद दोनो प्रयोगशालाओं के बीच एक लाभदायक सहयोग सम्पन्न हुआ, जिसने पर्यवेक्षित घटना की व्याख्या की। इस संयुक्त प्रयास से बेहतर दबाव स्विच और सेंसर का विकास हो सकता है।

एम ज़ेनेस, 2डी सामग्री का एक अन्य वर्ग, जिसके आयन बैटरी, गैस भंडारण, सेंसर और उत्प्रेरण में कई अनुप्रयोग हैं। एम ज़ेनेस कई परतों से बने होते हैं जो रासायनिक अंतःक्रियाओं के माध्यम से बंधे होते हैं। इन व्यक्तिगत परतों को अलग करने की प्रक्रिया को नियंत्रित किया जा सकता है और इस प्रक्रिया में एम ज़ेनेस-व्युत्पन्न संरचनाओं की एक विशाल सरणी उत्पन्न की जा सकती है। अलग-अलग संरचनाएं उनके कार्यात्मक समूहों और/या धातुओं में भिन्न-भिन्न होती हैं और इसलिए उनमें विभिन्न भौतिक गुण होते हैं, इस प्रकार इन सामग्रियों की उपयोगिता के दायरे को व्यापक बनाते हैं।

अलग-अलग सामग्रियों के दिलचस्प गुणों को ठीक करने के अलावा, सिंह के समूह ने एएनएएनटी नामक एम ज़ेनेस पर दुनिया का सबसे बड़ा 2डी सामग्री खुली-पहुँच डेटाबेस बनाया है। वर्ष 2018 में जारी, यह 23,000 एम ज़ेनेस तक के भौतिक गुणों का वर्णन करता है। सिंह और उनकी टीम ने चार से पांच वर्ष पहले डेटाबेस बनाने की प्रक्रिया शुरू की थी। उन्होंने कई शक्तिशाली मशीन लर्निंग (एमएल) मॉडल विकसित करने के लिए एएनएएनटी का उपयोग किया है, जो कुछ सेकंड के भीतर सामग्री के गुणों की भविष्यवाणी कर सकता है, जिससे लक्ष्य अनुप्रयोग के लिए सामग्री की उपयुक्तता का उचित मूल्यांकन किया जा सकता है।

एमएल, टीम को भौतिक गुणों में अज्ञात पैटर्न की कल्पना करने और आभासी असमान व्यवहार मानकों के बीच संबंध बनाने की अनुमति देता है, एक ऐसी प्रक्रिया जिसमें उन्हें दशकों तक लग जाते, यदि वे अधिक पारंपरिक दृष्टिकोण का उपयोग करते। एमएल के उपयोग ने हाल के एक प्रकाशन का भी सूत्रपात किया है जो ताप/थर्मल और इलेक्ट्रॉनिक गुणों के बीच संबंधों का वर्णन करता है, जो पहले सामग्री विज्ञान के लिए अज्ञात था। अध्ययन के परिणाम, जिसे सिंह "अपने पसंदीदा में से एक" के रूप में वर्णित करते हैं, तापविद्युत/थर्मोइलेक्ट्रिक्स में उपयोगी होते हैं, जहां इन दोनों गुणों को एक साथ अनुकूलित करना होत है।

एम ज़ेनेस के लिए एएनएएनटी वेब डेटाबेस का स्क्रीनशॉट (छवि सौजन्य: सामग्री सिद्धांत और अनुरूपण समूह)



अपने शोध से वास्तविक जीवन के अनुप्रयोगों को निकालने की उनकी दीर्घकालिक प्रेरणा के अनुरूप, सिंह की प्रयोगशाला ने एयरोस्पेस, समुद्री, रासायनिक और पेट्रोरसायन उद्योगों में उपयोग किए जाने वाले सुपरअलॉय पर शोध करने के लिए भी योगदान दिया है क्योंकि उनमें अद्वितीय गुणों का
एक सेट है: बेहतर यांत्रिक शक्ति, उच्च तापमान पर अल्प/क्रीप प्रतिरोध (विरूपण का प्रतिरोध), सतह स्थिरता और संक्षारण प्रतिरोध। स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (एसईएम) और इसकी संरचना पर ली गई सामग्री की केवल कुछ छवियों का उपयोग करके सुपरअलॉय की कठोरता का अनुमान लगाने के लिए समूह ने फिर से एमएल का उपयोग करके एक उपकरण भी बनाया है। प्रयोगशाला अब सामग्री के अन्य गुणों की भविष्यवाणी करने के लिए इस उपकरण के उपयोग को बढ़ाने की दिशा में काम कर रही है।

सिंह को उम्मीद है कि आने वाले वर्षों में, उनकी प्रयोगशाला मशीन अधिगम का उपयोग करके अनुमानित गुणों के आधार पर नई सामग्रियों के डिजाइन पर ध्यान केंद्रित करेगी। "हम उन्हें [प्रयोगविदों] वांछित गुणों वाली सामग्री प्राप्त करने के लिए उन्हें अपने प्रयोगात्मक सेटअप में उपयोग किए जाने वाले पैरामीटर को बताना चाहते हैं," वे विस्तार से बताते हैं। सामग्री के गुणों के बारे में कंप्यूटेशनल भविष्यवाणियां करने का एक दोष यह है कि सामग्री हमेशा अपेक्षा के अनुरूप प्रदर्शन नहीं करती है जब इसे एक उपकरण में एकीकृत किया जाता है। इसलिए, सिंह सामग्री डिजाइन करने की प्रक्रिया को भी अनुकरित करना चाहते हैं। वे कहते हैं, यह, सामग्री के उत्पादन के लिए मानकों के मानकीकरण में इस प्रकार मदद करेगा, कि यह अपने बेहतर गुणों को नहीं खो पाती है।

सिंह का मानना है कि दुनिया के बारे में उनकी जिज्ञासा उनकी वैज्ञानिक सफलता की कुंजी है। उनका कहना है कि वह हमेशा युवा छात्रों से कहते हैं कि अगर उनका लक्ष्य सीखना है तो ही उन्हें शोध करना चाहिए। "मैंने शोध में प्रवेश इसलिए किया क्योंकि यही एकमात्र ऐसा पेशा है जो मुझे सीखने के लिए भुगतान करता है।"

- सुकृति कपूर

अभिषेक सिंह अपनी प्रयोगशाला सदस्यों के साथ (फोटो: केजी हरिदासन)

संचार कार्यालय
भारतीय विज्ञान संस्थान (IISc)
बेंगलुरु - 560012
kernel.ooc@iisc.ac.in1office.ooc@iisc.ac.in

भारतीय विज्ञान संस्थान

संपादकीय टीम
दीपिका एस
कार्तिक रामास्वामी
रंजिनी रघुनाथ (समन्वयक)
समीरा अग्निहोत्री
वैशाली चंद्रा

हिन्दी रूपांतर
वी. तिलगम
जे. आर. गोपाल कृष्णन
डिजाइन
TheFool.in