अंक 3 | अगस्त, 2019 | अर्ध वार्षिक | बेंगलूरु

Azim Premji University

आई वंडर...

रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

पेज 98

'मिट्टी सने' हाथों का शिक्षाशास्त्र

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय का प्रकाशन

सम्पादकीय समिति

रामगोपाल (रामजी) वल्लत, मुख्य सम्पादक
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : ramg@azimpremjifoundation.org

चित्रा रवि, सह-सम्पादक
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : chitra.ravi@apu.edu.in

आनन्द नारायणन
भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान,
तिरुवनन्तपुरम
ईमेल : anand@iist.ac.in

हृदय कान्त दीवान
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : hardy@azimpremjifoundation.org

जयालक्ष्मी अय्यर
सम्पादकीय कार्यालय,
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : jayayyer@yahoo.com

नवोदिता जैन
इंडिया बायोसाइंस,
नेशनल सेंटर फॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़, बेंगलूरु
ईमेल : navodita@indiabioscience.org

राधा गोपालन
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : radha.gopalan@gmail.com

राजाराम नित्यानन्द
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : rajaram.nityananda@apu.edu.in

रिचर्ड फर्नांडिस
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : richard.fernandes@apu.edu.in

सौरभ सोम
सम्पादकीय कार्यालय, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : saurav.shome@azimpremjifoundation.org

सुशील जोशी
सम्पादकीय कार्यालय,
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : rusushil@yahoo.com

यास्मिन जयतीर्थ
अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस
इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु
ईमेल : yasmin.cfl@gmail.com

सम्पादकीय कार्यालय
सम्पादक, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय
पिक्सेल बी ब्लॉक, पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस, इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु - 560100
फोन : 080-66145136 / 5272 | फैक्स : 080-66145230 । ईमेल : publications@apu.edu.in । वेबसाइट : www.azimpremjiuniversity.edu.in

यह अंक मूलत: आई वंडर... (अँग्रेज़ी) अगस्त, 2019 के लेखों का हिन्दी अनुवाद है। यह अनुवाद ई-कॉपी के रूप में जुलाई, 2025 में प्रकाशित हुआ है।
इसकी सॉफ्ट कॉपी https://anuvadasampada.azimpremjiuniversity.edu.in/ से डाउनलोड की जा सकती है।

मूल अँग्रेज़ी अंक की सॉफ्ट कॉपी http://azimpremjiuniversity.edu.in/SitePages/resources-iwonder.aspx से डाउनलोड की जा सकती है।

हमारे बारे में

आई वंडर... स्कूल शिक्षकों के लिए एक विज्ञान पत्रिका है। हमारा उद्देश्य ऐसे लेखों को प्रकाशित करना है जो शिक्षकों (साथ ही अभिभावकों, शोधकर्ताओं और अन्य इच्छुक वयस्कों) को कक्षा में और उसके बाहर विज्ञान शिक्षण और सीखने के विविध आयामों के बारे में एक सौम्य और चिन्तनशील संवाद में शामिल करें। हम ऐसे लेखों का स्वागत करते हैं जो विज्ञान और विज्ञान शिक्षा पर आलोचनात्मक दृष्टिकोण साझा करते हैं, मूलभूत अवधारणाओं (कैसे, क्यों और आगे क्या) की व्यापक और गहरी समझ प्रदान करते हैं, और ऐसे अभ्यास के उदाहरणों से जुड़ते हैं जो विज्ञान को अधिक अनुभवात्मक और सार्थक तरीकों से सीखने को प्रोत्साहित करते हैं। आई वंडर... विद्यार्थियों और विज्ञान के प्रति उत्साही लोगों के लिए भी एक बेहतरीन पठन सामग्री है।

आई वंडर...

रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

चित्र सौजन्य:

मुखपृष्ठ : जीवन का विकास। Pexels. URL: https://pixabay.com/photos/hands-macro-plant-soilgrow-life-1838658/. License: Public Domain.

अन्तिम आवरण : जीवन के वृक्ष का एक नवीन रूपान्तरण। Laura A. Hug, Brett J. Baker, Karthik Anantharaman, Christopher T. Brown, Alexander J. Probst, Cindy J. Castelle, Cristina N. Butterfield, Alex W. Hernsdorf, Yuki Amano, Kotaro Ise, Yohey Suzuki, Natasha Dudek, David A. Relman, Kari M. Finstad, Ronald Amundson, Brian C. Thomas & Jillian F. Banfield, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_Novel_Representation_Of_The_Tree_Of_Life.png
License: CC-BY-SA.

सलाहकार
मनोज पी., एस. गिरिधर
चन्द्रिका मुरलीधर, फाल्गुनी सारंगी
जुल्फिकार अली

हिन्दी अंक सम्पादक
राजेश उत्साही

प्रकाशन समन्वयक
शान्ता के.

प्रकाशन सहयोगी
पुनीता डी.

इंटर्न्स
ईशान घोष, श्री हर्षिता कंचमरेड्डी

चित्र
विद्या कमलेश

पत्रिका डिज़ाइन
Zinc & Broccoli – enquiry@zandb.in

हिन्दी अंक लेआउट
आदर्श प्रा.लि.भोपाल

आभार
विशेष धन्यवाद स्नेहा कुमारी, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु को उनके अमूल्य योगदान के लिए; साथ ही सत्यजीत मेयर और स्मिता जैन, इंडिया बायोसाइंस, नेशनल सेंटर फॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़, बेंगलूरु को इस अंक को तैयार करने में उनके सहयोग के लिए।

लाइसेंस
इस पत्रिका के सभी लेख Creative Commons-Attribution-Non Commercial 4.0 International License के अन्तर्गत लाइसेंस प्राप्त हैं।

कृपया ध्यान दें : इस अंक में व्यक्त किए गए सभी विचार और मत लेखकों के हैं। अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय या अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन इनके लिए किसी भी रूप में ज़िम्मेदार नहीं हैं।

सम्पादकीय

अपनी बेटी के दसवें जन्मदिन पर उसे लिखे एक पत्र में, जीवविज्ञानी रिचर्ड डॉकिन्स ने विज्ञान को न केवल ज्ञान के एक स्रोत के रूप में, बल्कि जानने के एक तरीक़े के रूप में भी प्रस्तुत किया है – जो परम्परा, प्राधिकार या रहस्योद्घाटन के बजाय प्रमाण को महत्त्व देता है। डॉकिन्स लिखते हैं : *"कभी-कभी, प्रमाण का अर्थ वास्तव में यह देखना (या सुनना, महसूस करना, सूँघना...) होता है कि कुछ सत्य है...।"* लेकिन, वे आगे कहते हैं : *"वैज्ञानिक दुनिया के बारे में जानने के लिए प्रमाणों का उपयोग जिस तरह से करते हैं वह कहीं अधिक चतुराईपूर्ण और जटिल है...।"* आधुनिक विज्ञान की विशेषताएँ (जैसे 'परमाणु'), संगठनात्मक सिद्धान्त (जैसे 'उद्विकास'), मॉडल (जैसे 'मानक मॉडल'), और विधियाँ शायद ही कभी इतनी स्पष्ट होती हैं कि व्यक्ति दुनिया के अपने अवलोकनों के माध्यम से उन्हें खोज सकें। वैज्ञानिक इस ज्ञान का निर्माण (और पुनर्निर्माण) करते हैं ताकि वे प्राकृतिक घटनाओं की व्याख्या कर सकें, उन्हें समझा सकें और उनके बारे में पूर्वानुमान लगा सकें। यदि यह ज्ञान वैज्ञानिक समुदाय में मान्य और स्वीकृत हो जाता है, तो यह वैज्ञानिकों के प्राकृतिक दुनिया को 'देखने' के तरीक़े का हिस्सा बन जाता है।

स्कूली विज्ञान के शिक्षण और अधिगम के लिए इसका क्या अर्थ है? हम कक्षा में क़दम रखने से बहुत पहले ही अपनी दुनिया के बारे में ज्ञान का निर्माण शुरू कर देते हैं। जैसा कि मनोवैज्ञानिक जीन पियाजे ने देखा, बच्चे एक विस्तृत होते वातावरण के साथ संवेदी-गतिशील अन्त:क्रियाओं के माध्यम से ऐसा करते हैं। हमारे विचार अनुभव और समाजीकरण के माध्यम से विकसित होते हैं। भाषा के प्रयोग से, हम रोज़मर्रा की घटनाओं की 'सामान्य-समझ' वाली व्याख्याओं से परिचित हो जाते हैं। जब हमारे सामने नए विचार प्रस्तुत किए जाते हैं, तो हम यह चुनते हैं कि क्या स्वीकार करना है और उन्हें अपनी स्थापित विश्वदृष्टि में कैसे समाहित करना है। जब कोई प्राधिकृत व्यक्ति (आमतौर पर शिक्षक) किसी वैज्ञानिक व्याख्या को प्रस्तुत करता है जो विद्यार्थी के 'अनुभवजन्य दृष्टिकोण' से मेल नहीं खाती, तो विद्यार्थी उस व्याख्या को बस रट लेता है और ज़रूरत पड़ने पर उसे यांत्रिक रूप से दोहरा देता है। इससे प्राकृतिक घटनाओं के बारे में उसका ज्ञान बढ़ सकता है, लेकिन विज्ञान सीखने के लिए विद्यार्थी को प्राकृतिक दुनिया को 'जानने' के एक अलग तरीक़े से जुड़ना सीखना होगा। उसे यह पूछना और अनुभव करना होगा : हम विज्ञान में कैसे जानते हैं, और हम वैज्ञानिक प्रमाणों पर विश्वास क्यों करते हैं? ऐसा करने के लिए वैज्ञानिक समुदाय के विचारों और प्रथाओं (सांस्कृतिक उपकरणों) से परिचित होना और व्यक्तिगत स्तर पर इन्हें अर्थपूर्ण बनाना होता है। जो शिक्षक प्राकृतिक दुनिया को जानने के वैज्ञानिक तरीके से परिचित होते हैं, वे इसे पहचानते हैं। वे विद्यार्थियों को विज्ञान के सांस्कृतिक उपकरणों से परिचित कराने के लिए चिन्तनशील खोज और अर्थपूर्ण संवाद का उपयोग करते हैं, साथ ही नवीनता, प्राधिकार के साथ बातचीत (स्वयं से शुरू करके), और वास्तविक दुनिया की सम्भावनाओं के माध्यम से परीक्षण योग्य स्पष्टीकरणों के पुनर्निर्माण को प्रोत्साहित करते हैं।

इस अंक में ऐसे कई शिक्षकों के लेख शामिल हैं। उदाहरण के लिए, धनश्री पी. का तर्क है कि विद्यार्थियों को वास्तविक दुनिया की समस्याओं के समाधान के लिए विभिन्न क्षेत्रों के बड़े विचारों के साथ प्रयोग करने के लिए प्रोत्साहित करने से उनकी आलोचनात्मक और रचनात्मक रूप से सोचने की क्षमता विकसित होती है। दूसरी ओर, पॉल आर., रोहित एम. और पुण्य एम. बताते हैं कि कैसे अमूर्त वैज्ञानिक अवधारणाएँ भी अधिक अर्थपूर्ण हो सकती हैं जब शिक्षक भाषा को हावभाव और गतिविधियों के साथ जोड़कर गहन सोच और ज्ञान के अनुभव पैदा करते हैं। रोहिणी के. और कविता के. बताते हैं कि कैसे परिचित चीज़ों की जाँच-पड़ताल का सहारा लेना – चाहे दही जमाना हो या अपने दृष्टिकोण का प्रयोग करना – विद्यार्थियों को 'एक वैज्ञानिक की तरह सोचने' का व्यावहारिक परिचय दे सकता है। इसके विपरीत, नीतीश एस. एक उदाहरण साझा करते हैं कि कैसे विद्यार्थी दृढ़ता से किसी प्राकृतिक घटना की सामान्य-समझ पर तब भी अड़े रह सकते हैं, जबकि उनके अपने शोध के प्रमाण उसे चुनौती दे रहे हों। स्वाति एस. की गतिविधियाँ और डेबोराह डी. के उदाहरण तर्क देते हैं कि पारिस्थितिक अवधारणाओं, चुनौतियों (जैसे जलवायु परिवर्तन) और व्यवहारों के परिचय विद्यार्थियों के लिए तब अधिक अर्थपूर्ण हो जाते हैं जब वे उनके स्थानीय पर्यावरण से जुड़ने के ठोस अवसरों पर आधारित होते हैं।

इन उदाहरणों के बारे में आपकी क्या राय है? अपनी प्रतिक्रिया हमारे साथ iwonder@apu.edu.in पर ज़रूर साझा करें।

चित्रा रवि
सह-सम्पादक

इस अंक में

बड़े सवाल

4 ब्लैक होल क्या होते हैं?
प्रज्वल शास्त्री

13 त्वचा घावों को कैसे भरती है?
तनय भट्ट, गौरव कंसागरा, नेहा पिंचा एवं कॉलिन जमोरा

19 हिग्स-बोसॉन क्या है और इसकी खोज से इतनी खलबली क्यों है?
सुभाष कुमार

26 जीवन का आव्यूह यानी ताना-बाना क्या है?
नागराज बालासुब्रमण्यन, कीर्ति हरिकृष्णन एवं फिलिप मैथ्यू

विज्ञान की प्रकृति

36 विज्ञान-शिक्षा एवं शोध में अन्तर्विषयी दृष्टिकोण का प्रभाव
धनश्री परांजपे

विज्ञान प्रयोगशाला

43 जीवविज्ञान सीखने का एक दूधिया तरीक़ा
रोहिणी करन्दीकर

57 हम वास्तव में क्या देखते हैं?
कविता कृष्णा

विविध
- एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : ला ग्राण्ड के
- क्या हैं श्वेत वामन तारे?
- एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : 'ला ग्राण्ड के' का प्रतिस्थापन

सिद्धार्थ सेतलूर, चित्रा रवि, ईशान घोष

पोस्टर
- मानव त्वचा के बारे में 9 रोचक बातें जो शायद आप नहीं जानते

तनय भट्ट, गौरव कंसागरा और नेहा पिंचा

विविध
- EVOLUTION CROSSWORD

रोहिणी चिन्ता

गतिविधि शीट : विज्ञान प्रयोगशाला
- लोग दही कैसे जमाते हैं?
- दही और दूध में क्या अन्तर है?
- दही जमाना
- नए सिरे से दही जमाने के लिए जामन
- क्या दूध के तापमान से फ़र्क पड़ता है?

रोहिणी करन्दीकर, रितेश खुन्याकारी, चित्रा रवि

गतिविधि शीट : विज्ञान प्रयोगशाला
- क्या दो आँखें एक से बेहतर हैं?
- अपना अन्ध-बिन्दु (ब्लाइन्ड-स्पॉट) खोजें
- होते हुए भी न दिखना
- थौमाट्रोप बनाकर मज़ा लें
- एक फ़िनाकिस्टोस्कोप बनाना

कविता कृष्णा

विविध
- एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : प्लांक स्थिरांक

सिद्धार्थ सेतलूर

अनुसन्धान से अभ्यास तक

71 शरीर को ध्यान में रखते हुए विज्ञान सीखना
पॉल रीमर, रोहित मेहता एवं पुण्य मिश्रा

आपके आँगन में जीवन

77 बदलती दुनिया में पेड़ और मौसम
स्वाति सिद्धू

गतिविधि शीट : आपके आँगन में जीवन
- किसी पेड़ का अवलोकन
- आस-पास के पेड़
- फूल और उनके आगन्तुक

स्वाति सिद्धू

विविध
- लड़की (मादा) को X गुणसूत्र कहाँ से मिलते हैं?

रोहिणी चिन्ता

हम कैसे जानते हैं?

90 खगोलविज्ञान में दूरियाँ
आनन्द नारायणन

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

98 'मिट्टी सने' हाथों का शिक्षाशास्त्र एक शहरी टेरेस फार्म के अनुभव
डेबोराह दत्ता

विविध
- किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : एवोगैड्रो स्थिरांक
- कभी सोचा है - सही समय क्या है?
- एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : परमाणु गिनना

सिद्धार्थ सेतलूर, चित्रा रवि, जयालक्ष्मी अय्यर

विज्ञान शिक्षक काम पर हैं

108 'दिल से' अरस्तुवादियों के लिए भौतिकी
नीतीश सहगल

गतिविधि शीट : विज्ञान शिक्षक काम पर हैं
- अवधारणा निर्माण : गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में गति

नीतीश सहगल

मैं एक वैज्ञानिक हूँ

117 साक्षात्कार बीना डी. बी. के साथ

विविध
- किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : विद्युत किलोग्राम
- EVOLUTION CROSSWORD ANSWER KEY
- किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : नया किलोग्राम

सिद्धार्थ सेतलूर, चित्रा रवि

ख़बरों में है

123 अदृश्य का दर्शन ब्लैक होल की तस्वीर
राजाराम नित्यानन्द

बुकलेट
- आप इन 10 सामान्य पेड़ों के बारे में जानते हैं?

स्वाति सिद्धू

ब्लैक होल क्या होते हैं?

प्रज्वल शास्त्री

हमारी आकाशगंगा जैसी निहारिकाओं के गर्भ में अत्यन्त विशाल ब्लैक होल छुपे होते हैं जो कभी-कभी प्रकाश के भयानक शक्तिगृहों के रूप में विकसित हो जाते हैं। हम उनके अस्तित्व के बारे में कैसे जानते हैं? उनका जन्म कैसे होता है? उनका विकास कैसे होता है? क्या वे एक 'बड़े परिप्रेक्ष्य' में महत्त्वपूर्ण हैं?

जब भी कभी आप अन्धेरी रात में आसमान को देखते हैं तो एक शान्त दृश्य नज़र आता है। लगभग 3000 तारे, कुछ ग्रह, सम्भवत: एक चन्द्रमा – सभी हमें सम्मोहित करते हैं, और कभी-कभार उपयुक्त दिशा में एण्ड्रोमेडा या मैगेलेनिक क्लाउड जैसी निहारिकाएँ भी। अलबत्ता, इन सबमें सबसे विस्मयजनक है – हमारी अपनी निहारिका – आकाशगंगा या मिल्की-वे।

रात्रिकालीन आकाश की यह शान्ति दरअसल भ्रामक है। असल में प्रत्येक प्रकाश बिन्दु (या तारा) दहकते नाभिकीय ईंधन की भट्टी है, ठीक हमारे सूर्य के समान। अपेक्षाकृत नीले प्रकाश बिन्दु, हमारे 'मध्यम-आकार' के सूर्य से भी अधिक गर्म एवं बड़े हैं। हमारी समझ के अनुसार तारों – ख़ासकर बड़े तारों – का जीवन एक भयंकर विस्फोट के साथ समाप्त होता है (जिसे **सुपरनोवा** कहते हैं)। सुपरनोवा विस्फोट अपने पीछे 'अवशिष्ट' पिण्ड छोड़ जाते हैं। सूर्य से कई गुना बड़े तारों के ऐसे अवशिष्ट अन्ततः ब्लैक होल बनते हैं।

ब्लैक होल क्या होते हैं?

ब्लैक होल को स्थान के ऐसे हिस्सों के रूप में समझा जा सकता है, जिनका गुरुत्वाकर्षण बल इतना प्रबल होता है कि प्रकाश तक इनसे पलायन नहीं कर पाता।

पहली बार इनका ज़िक्र अठारहवीं सदी के अन्त में एक अँग्रेज़ पादरी जॉन मिशेल द्वारा किया गया। उन्होंने ऐसे पिण्डों के अस्तित्व की कल्पना की थी, जिनका **पलायन वेग** (देखें **बॉक्स-1**) प्रकाश के वेग के बराबर होगा। आइंस्टाइन द्वारा प्रतिपादित सामान्य सापेक्षता सिद्धान्त (1915 में प्रकाशित) ने उन कल्पनाओं को दृढ़ एवं गहन आधार प्रदान किया। इसके कुछ महीनों के बाद प्रकाशित एक पर्चे में कार्ल श्वार्ज़चाइल्ड ने आइंस्टाइन के सिद्धान्त को आगे बढ़ाते हुए ऐसे कुछ पिण्डों की भविष्यवाणी की जो इस तरह व्यवहार करेंगे। भौतिकशास्त्री जॉन व्हीलर ने 1967 में इस प्रकार के पिण्डों के लिए 'ब्लैक होल' शब्द का उपयोग किया। 1970 में भारतीय भौतिकशास्त्री सी.वी. विश्वेश्वर ने दर्शाया कि ब्लैक होल स्थिर होते हैं, यह एक ऐसा गुणधर्म है जो उनका अवलोकन करने की हमारी क्षमता के लिए महत्त्वपूर्ण है।

हमें कैसे पता कि ब्लैक होल हैं?

ब्लैक होल से बिल्कुल भी प्रकाश नहीं निकलता; दरअसल, इनको 'ब्लैक' कहने का कारण यही है! इसका मतलब यह हुआ कि हम उन्हें देख नहीं सकते,

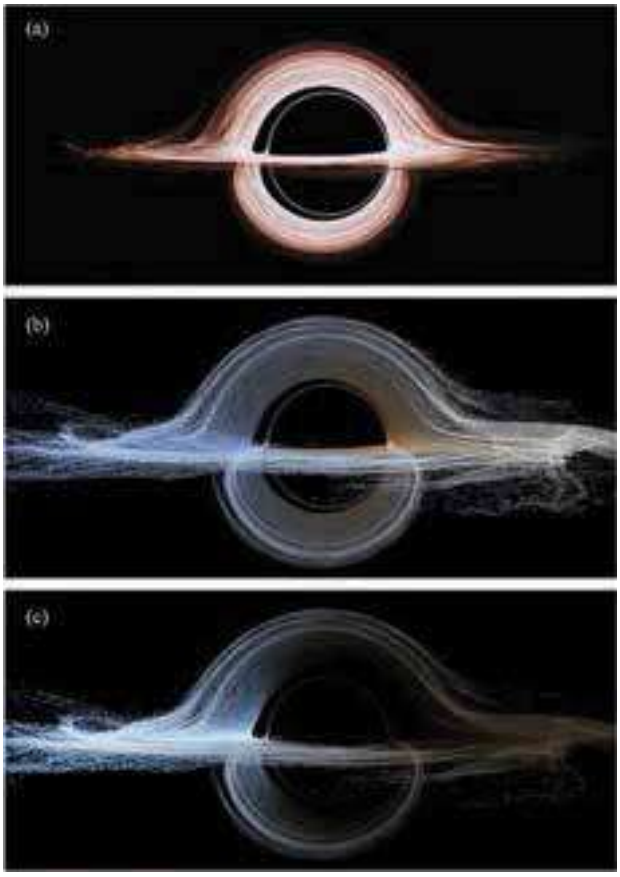
बॉक्स-1 : पलायन वेग क्या होता है?
किसी गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में उपस्थित किसी वस्तु को उस क्षेत्र से पूर्णतया बाहर पलायन करने के लिए आवश्यक वेग पलायन वेग होता है। उदाहरणस्वरूप, हम जानते हैं कि पृथ्वी की सतह पर पलायन वेग 11.2 किमी/से. है। इसका मतलब हुआ कि पृथ्वी को छोड़ने के लिए किसी वस्तु (जैसे किसी कृत्रिम उपग्रह या क्रिकेट की गेंद) को 11.2 किमी/से. से अधिक वेग के साथ ऊपर फेंकना पड़ेगा; ताकि उसे पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण वापिस न खींच ले।

प्रत्यक्ष रूप से तो बिल्कुल भी नहीं; न ही पृथ्वी की किसी मानव-निर्मित प्रयोगशाला में ब्लैक होल बन रहे हैं। लेकिन, आकाश रूपी सर्वव्यापी प्रयोगशाला में ब्लैक होल के गुणधर्मों की खोज-बीन की कई रोचक सम्भावनाएँ हैं। ये निम्न प्रकार हैं :

(क) परिस्थिति-जन्य प्रमाण : इसने हमें ब्रह्माण्ड की कुछ आकाशगंगाओं के गर्भ में ब्लैक होल की उपस्थिति के संकेत दिए।

ब्लैक होल के आस-पड़ोस में गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र असाधारण रूप से प्रबल होता है (देखें **बॉक्स-2**)। इसलिए इसके निकट पड़ोस में आने वाला कोई भी पिण्ड (गैस, या तारे भी) अत्यधिक तेज़ गति से इसमें समा जाएगा, और ब्लैक होल और अधिक विशाल हो जाएगा। इसमें समाने वाले पिण्डों की गति के कारण एक घर्षण उत्पन्न होता है, जिसके चलते ब्लैक होल गर्म होकर बहुत अधिक तापमान पर पहुँच जाता है। चूँकि इस प्रक्रिया में प्रयुक्त गुरुत्वाकर्षण ऊर्जा बहुत ज़्यादा होती है, इसलिए इससे विकिरित शक्ति हमारे सूर्य से विकिरित शक्ति से कई ख़रब गुना ज़्यादा हो सकती है! इसलिए ये 'सर्वभक्षी' ब्लैक होल काफ़ी तेज़ चमकते भी हैं। वास्तव में जो चीज़ चमकती है वह उनके आस-पास का परिवेश होता है (न कि ख़ुद ब्लैक होल)।

ऐसे ब्लैक होल शक्तिशाली प्रकाश स्तम्भों जैसे होते हैं, जिन्हें बहुत अधिक दूरियों तक देखा जा सकता है। 1960 के दशक के काफ़ी शुरुआती टेलीस्कोप भी इन शक्तिशाली प्रकाश स्तम्भों को देख चुके थे। वास्तव में, हॉलीवुड की फिल्म 'Interstellar' में जिस 'Gargantua' (देखें **चित्र-1**) ने हमको अचम्भित किया था, वह बिल्कुल इसी प्रकार का एक वृद्धिमान, चमकदार, काल्पनिक ब्लैक होल था। इन महाविशाल ब्लैक होल्स (जिन्हें भौतिक विज्ञानी 'supermassive' कहते है) का द्रव्यमान $M_{\odot}$ की इकाई में मापा जाता है (इसका मान हमारे सूर्य के द्रव्यमान, 2×10^{30} किग्रा के बराबर है)। खगोलशास्त्री इस इकाई का उपयोग सूर्य से बड़े सभी पिण्डों के लिए करते हैं (**शब्दकोश** देखें)।[1, 2] इस प्रकार की शक्ति की व्याख्या केवल एक तरीक़े से की जा सकती है – कि महाविशाल ब्लैक होल के आस-पास उपस्थित प्रबल गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र का उपयोग हो रहा है। इस



चित्र-1 : हॉलीवुड की काल्पनिक-विज्ञान आधारित फिल्म 'Interstellar' में दिखाए गए 'Gargantua' नामक काल्पनिक वृद्धिमान महाविशाल ब्लैक होल की कम्प्यूटर-जनित तस्वीर। यह तस्वीर दर्शाती है कि इस प्रकार का कोई पिण्ड किसी प्रेक्षक को दृश्य-प्रकाश में कैसा दिखेगा। Double Negative Gravitational Renderer नामक कम्प्यूटर कोड में वह सब समाहित है जो भौतिकविद वृद्धिमान ब्लैक होल एवं उसके चारों ओर प्रबल गुरुत्वाकर्षण के बारे में जानते हैं।

Credits: James et al 2014. URL: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0264-9381/32/6/065001/meta;jsessionid=6234B192EDE9A0CD2BD9C6370D4643E1.c4.iopscience.cld.iop.org. License: CC-BY.

बॉक्स-2 : ब्लैक होल का गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र : किसी ब्लैक होल का अति-शक्तिशाली गुरुत्व बल (इसका वह गुण जो उसे अन्य तुलनीय द्रव्यमान पिण्डों से एक अलग पहचान देता है) केवल उनके निकट पड़ोस में ही अनुभव किया जा सकता है। चूँकि, अपने द्रव्यमान के हिसाब से ब्लैक होल काफ़ी छोटे आकार के होते हैं, इसलिए किसी वस्तु के लिए उनके अत्यन्त निकट पहुँचना भौतिक रूप से सम्भव है। उदाहरण के लिए यदि कल को हमारा सूर्य ब्लैक होल में बदल जाता है तो इसका समस्त द्रव्यमान लगभग 3 किमी त्रिज्या के एक गोले में सिमटकर रह जाएगा। अगर हम ऐसी स्थिति की कल्पना करें, तो पृथ्वी द्वारा अनुभव किए जाने वाले सूर्य के गुरुत्वाकर्षण बल में कोई बदलाव नहीं आएगा। सूर्य की वर्तमान त्रिज्या 695,700 किमी है, जो 3 किमी की तुलना में काफ़ी अधिक है। अतः आज, कोई वस्तु सूर्य के केन्द्र से निकटतम 695,700 किमी ही पहुँच सकती है (बशर्ते वह सूर्य की सतह को भेदकर उसमें प्रवेश न करे), जहाँ पर सूर्य का गुरुत्वाकर्षण बल अधिकतम होता है। अगर, सूर्य ब्लैक होल में बदल जाता है तो कोई पिण्ड इसके केन्द्र से मात्र कुछ किलोमीटर की दूरी तक पहुँच सकता है। इस दूरी पर वह पिण्ड 695,700 किमी की तुलना में लगभग 50 अरब गुना अधिक गुरुत्वाकर्षण बल का अनुभव करेगा (क्योंकि गुरुत्वाकर्षण बल दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है)। स्पष्ट है कि, ऐसे काल्पनिक 'सौर' ब्लैक होल के आस-पास (कुछ हज़ार किलोमीटर की दूरी पर भी) गुरुत्वाकर्षण बल असाधारण रूप से बहुत ज़्यादा होगा। इसलिए ब्लैक होल के निकट आने वाला कोई भी द्रव्य बिना किसी बाधा के उसमें समा जाएगा।

बॉक्स-3 : द्रव्यमान के आधार पर ब्लैक होल्स की पहचान

सौर-मण्डल का उदाहरण लेकर इस विधि को समझा जा सकता है। हम जानते हैं कि सौर-मण्डल में ग्रह, सूर्य के गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में, लगभग वृत्ताकार कक्षा में, सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते रहते हैं। वृत्ताकार कक्षाओं एवं गुरुत्वाकर्षण बल की हमारी समझ केप्लर के नियम में सिमटी हुई है। इस नियम के अनुसार, नगण्य द्रव्यमान के एक परीक्षण कण (हमारे उदाहरण में ग्रह) की चाल का वर्ग, भारी पिण्ड के द्रव्यमान M (यहाँ सूर्य, जिसके चारों ओर परीक्षण कण चक्कर लगाता है) के समानुपाती होता है, एवं दोनों के बीच की दूरी के व्युत्क्रमानुपाती होता है:

$$v^2 = \frac{G\,M}{r}$$

अतः यदि परीक्षण कण की चाल एवं भारी द्रव्यमान से उसकी दूरी का मापन किया जा सकता है तो भारी पिण्ड के द्रव्यमान M की गणना की जा सकती है।

प्रमाण के फलस्वरूप, महाविशाल ब्लैक होल्स सम्बन्धी विचार खगोलभौतिकी की गाथाओं में काफ़ी मज़बूती से जम गए, हालाँकि इनके अस्तित्व के प्रत्यक्ष प्रमाण बहुत बाद में आए।

(ख) अपनी आकाशगंगा एवं अन्य दूरस्थ निहारिकाओं के केन्द्र में तारों की दीर्घवृत्ताकार कक्षाएँ : ब्लैक होल्स को ढूँढ़ने का दूसरा तरीक़ा केप्लर के नियम पर आधारित है। इसमें उन अदृश्य (स्याह) पिण्डों को ढूँढ़ना सम्मिलित है जिनके बारे में दर्शाया जा सके कि उनका द्रव्यमान इतना अधिक है कि वे ब्लैक होल ही होने चाहिए (देखें **बॉक्स-3**)। कई दशकों तक चले इस तलाशी अभियान में हमें आकाशगंगा में लगभग 20 ब्लैक होल मिले हैं, एवं इससे परे अन्य निहारिकाओं में कई सारे।[3]

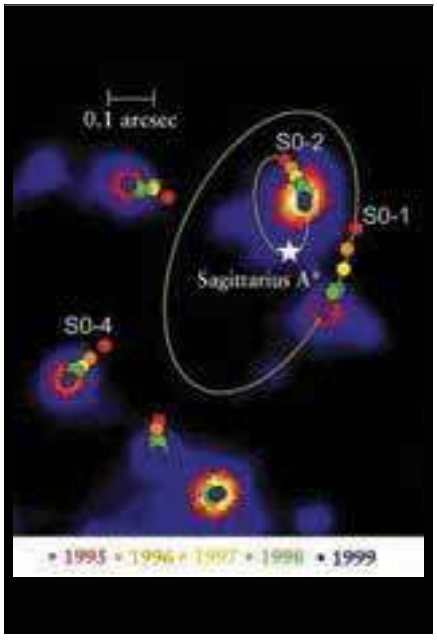
हमारी आकाशगंगा में एक अरब से अधिक तारे हैं। ये लगभग 26000 प्रकाश-वर्ष दूर हैं (**शब्दकोश** देखें)। इन तारों के बीच विस्तृत अन्तरिक्ष है जो धूल-कणों की थोड़ी-बहुत उपस्थिति के अलावा पूर्णतया रिक्त है। अलबत्ता, इन कणों की संख्या, इनके पीछे स्थित तारों के प्रकाश को मन्द

चित्र-2 : हाटू शिखर, नारकण्डा, हिमाचल प्रदेश से खींची गई हमारी आकाशगंगा की एक तस्वीर।

Credits: Ajay Talwar and Pankaj Sharma. License: © Ajay Talwar, reproduced with permission.

(कोहरे के समान) करने के लिए पर्याप्त होती है। अतः आकाशगंगा के जिन भागों में धूल के कणों का अत्यन्त सघन वितरण होता है, वे तस्वीरों में काले धब्बों जैसे प्रतीत होते है (देखें **चित्र-2**)। आकाशगंगा का केन्द्र भी चारों ओर से इस प्रकार के धूल-कणों से घिरा हुआ है। अतः अपनी ब्रह्माण्डीय-बस्ती के केन्द्र में झाँकने के लिए हमें प्रकाश के दृश्य-परास से बाहर का कोई प्रकाश चाहिए, जैसे अवरक्त (infra-red) प्रकाश। यदि, आकाश के एक ही हिस्से की फोटो लगातार कई साल तक खींची जाए तो हम कुछ तारों की गति की पहचान आकाश में उनकी स्थिति में विस्थापन के आधार पर कर सकते हैं। इन विस्थापनों का उपयोग उनकी चाल की गणना करने में भी किया जा सकता है।

वैज्ञानिकों की दो टीमों ने कई वर्षों तक आकाशगंगा के केन्द्र में स्थित तारों का अध्ययन उपरोक्त तरीक़े से किया है।[4, 5] इनमें से एक टीम का नेतृत्व कैलिफ़ोर्निया यूनिवर्सिटी, लॉस एंजेलेस (यूएसए) की वैज्ञानिक एंड्रिया गेज़ कर रही हैं, और दूसरी



चित्र-3 : आकाशगंगा के केन्द्र में उपस्थित ब्लैक होल। रंगीन धब्बे तारों को दर्शा रहे हैं (सन् 1999 में)। वृत्ताकार पथ, सन् 1995,1996,1997 में कुछ तारों की स्थिति प्रदर्शित कर रहे हैं, अलग-अलग वर्षों को अलग-अलग रंग से अंकित किया गया है (संकेतिका देखें)। दीर्घवृत्ताकार पथ, दो तारों S0-1 एवं S0-2 की स्थिति को दर्शा रहे हैं, उनकी स्थिति में परिवर्तन के मापित मानों के आधार पर उनके पथ की गणना की गई है। सफ़ेद तारा एक अदृश्य पिण्ड की स्थिति को बताता है, गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव द्वारा तारों की गति के लिए इसका वहाँ उपस्थित होना लाज़मी है। ऊपर दिखाई गई रेखा इस तस्वीर के कोणीय पैमाने को प्रदर्शित करती है (एक अच्छे अनुमान के लिए आप इसकी तुलना चन्द्रमा के आकार 30 आर्कमिनट से कर सकते हैं)। आकाशगंगा के केन्द्र (हमसे 26000 प्रकाश-वर्ष दूर) पर : 0.1 आर्कसेकंड = 4.6 प्रकाश-दिवस।

Credits: These images/animations were created by Prof. Andrea Ghez and her research team at UCLA from data sets obtained with the W. M. Keck Telescopes. URL: http://www.galacticcenter.astro.ucla.edu. License: CC-BY.

टीम का नेतृत्व मैक्स प्लांक इंस्टिट्यूट ऑफ़ एक्स्ट्राटेरेस्ट्रियल फिजिक्स, जर्मनी के ग़ाइन्हार्ट गेंज़ेल कर रहे हैं। उनके द्वारा सावधानीपूर्वक किए गए शोध ने बताया है कि उनमें से कुछ तारे 1500 किमी/से. से भी अधिक चाल से चल रहे हैं एवं उनका कक्षीय आवर्तकाल 20 साल के लगभग है (देखें **चित्र-3**)।

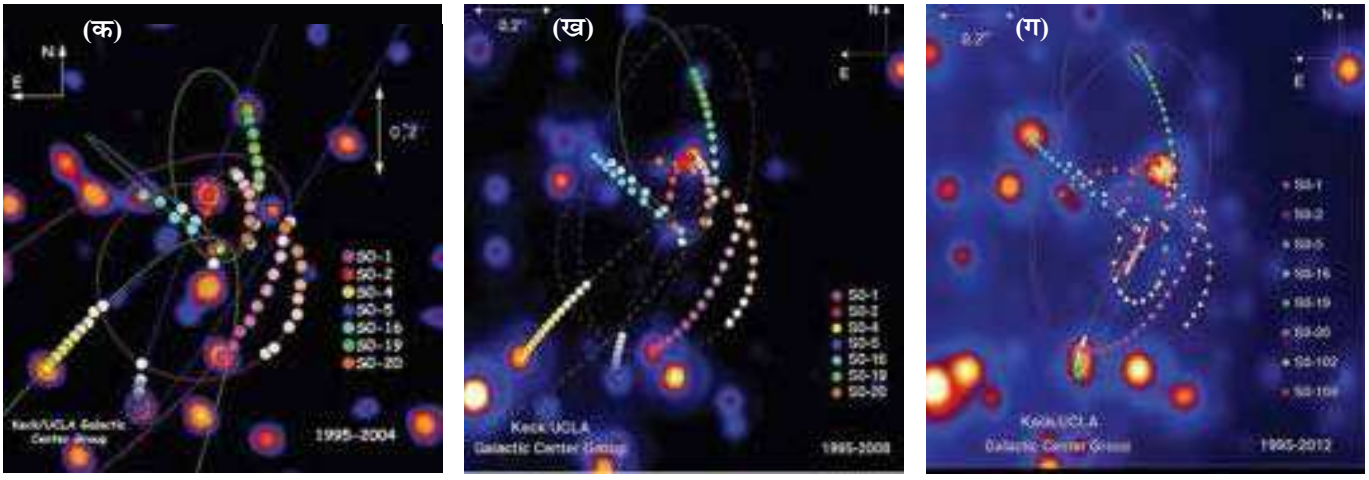
यह मानते हुए कि कोई भारी (लेकिन अदृश्य) पिण्ड उन तारों को अपनी-अपनी कक्षा में परिक्रमा करवा रहा है, उस भारी पिण्ड का द्रव्यमान सूर्य से 40 लाख गुना ज़्यादा आकलित किया गया! उस अदृश्य पिण्ड की स्थिति का निर्धारण इस तथ्य के आधार पर किया जा सकता है कि यह उन सभी तारों की प्रेक्षित दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं की उभयनिष्ठ नाभि होगा। नाभि के निकटतम स्थित तारे को S0-16 कहा गया है; नाभि से S0-16 की न्यूनतम दूरी (देखें **चित्र-4**) उस अदृश्य पिण्ड के आकार की अधिकतम सीमा बताती है। यदि अदृश्य पिण्ड का आकार इस न्यूनतम दूरी से अधिक होता तो हमें S0-16 एवं उस अदृश्य पिण्ड की टक्कर के प्रमाण मिलते। इस प्रकार की किसी टक्कर का नहीं होना बताता है कि वह भारी अदृश्य पिण्ड काफ़ी कम स्थान घेरता है। इससे सिद्ध होता है कि वह पिण्ड वास्तव में एक ब्लैक होल ही है।

इस विधि का उपयोग अन्य निहारिकाओं में ब्लैक होल ढूँढ़ने के लिए नहीं किया जा सकता, क्योंकि हमारे 'निकटतम' पड़ोसी भी हमसे कुछ सौ मिलियन प्रकाश-वर्ष दूर हैं। इन दूरियों पर हम अपने सर्वोत्कृष्ट टेलिस्कोप की सहायता से भी एक-एक तारे को अलग-अलग नहीं देख सकते। इस पर काम करने का एक तरीक़ा है – अन्य निहारिकाओं में स्थित तारों की परमाण्विक रेखाओं का प्रेक्षण। इन रेखाओं का नीले या लाल (जो इस बात पर निर्भर करता है कि तारे हमसे दूर जा रहे है या पास आ रहे है) की तरफ डॉप्लर-विस्थापन (**बॉक्स-4** देखें) होता है। हालाँकि आज जो उपकरण हमारे पास हैं, वे स्पेक्ट्रोग्राम में इन रेखाओं को अलग-अलग नहीं दर्शा सकते; लेकिन बहुत सारी रेखाओं के मिश्रण का फैलाव, इन रेखाओं को निर्मित करने वाले कई सारे तारों की चाल में विविधता का मात्रात्मक आकलन प्रदान करता है। जब तारों की चाल अतिविशाल केन्द्रीय ब्लैक होल के द्रव्यमान के सीधे समानुपाती होती है, तब केप्लर नियम द्वारा उसके लगभग द्रव्यमान का आकलन किया जा सकता है।

बॉक्स-4 : डॉप्लर विस्थापन क्या होता है?

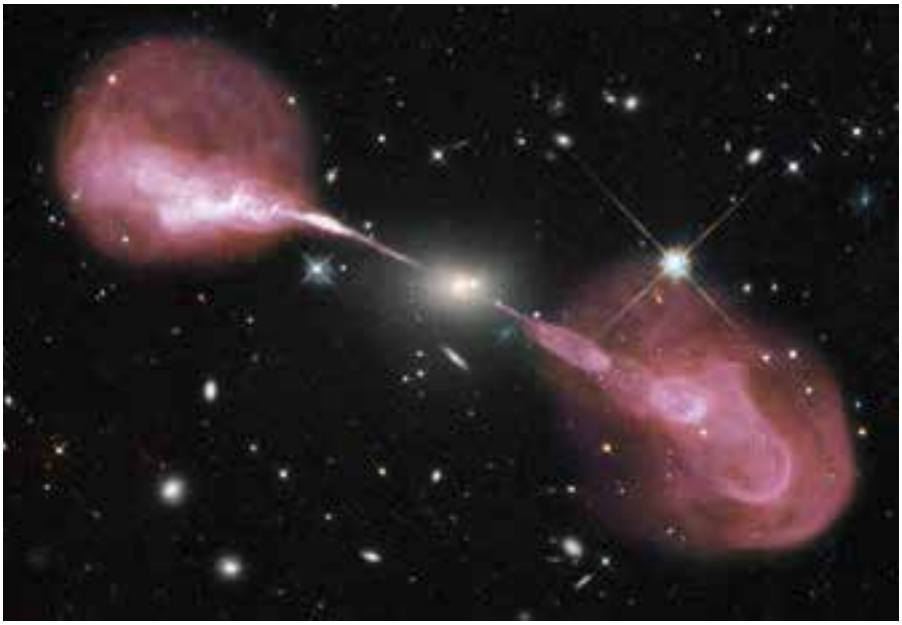
जब किसी तरंग का स्रोत प्रेक्षक की ओर (या प्रेक्षक से दूर) गति करता है तो तरंग की आवृत्ति बढ़ी हुई (या घटी हुई) प्रतीत होती है। इस प्रभाव को भौतिक विज्ञानी क्रिश्चियन डॉप्लर के नाम पर डॉप्लर विस्थापन के नाम से जाना जाता है जिन्होंने इसे सबसे पहले प्रतिपादित किया था। इसका एक जाना-माना उदाहरण है – चलती हुई गाड़ी के पास आने पर (या दूर जाने पर), एक प्रेक्षक को उसके हॉर्न की आवृत्ति में वृद्धि (या कमी) प्रतीत होती है। बिल्कुल ऐसा ही प्रभाव, प्रकाश के साथ भी घटित होता है जब कोई प्रकाश स्रोत प्रेक्षक के पास आ रहा होता है या दूर जा रहा होता है; हालाँकि प्रकाश के लिए यह प्रभाव, चाल के केवल बहुत अधिक मानों पर तथा/या तरंग दैर्ध्य के सटीक मापन से ही प्रेक्षणीय होता है।

(ग) स्थान-समय में तरंगें : 2015 की एक महत्त्वपूर्ण खोज में वैज्ञानिकों ने स्थान-समय में ब्लैक होल्स द्वारा उत्पन्न की गई तरंगों के माध्यम से उनकी उपस्थिति को दर्ज किया (जिनका द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान का 8-60 गुना था)।[6] इस प्रयोग के लिए गुरुत्वाकर्षण तरंगों के 6 मापन लिए गए (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory या LIGO द्वारा), जो शत-प्रतिशत आइंस्टाइन के सिद्धान्त



चित्र-4 आकाशगंगा के केन्द्र में स्थित तारे बाहर की ओर धकेले जाते हैं। तस्वीर में दिए गए तीन पैनल, तीन अलग-अलग समय अवधियों, क्रमशः **(क)**1995-2004,**(ख)**1995-2008 और **(ग)**1995-2012, में इन तारों के मापन को दर्शाते हैं। प्रत्येक तस्वीर में तारों की नवीनतम स्थिति को रंगीन घेरों के रूप में देख सकते हैं, जो तारों की वास्तविक इन्फ्रा-रेड तस्वीरें हैं। स्पष्टता के लिए, इन तारों की समय के साथ बदलती हुई स्थितियों को रंगीन घेरों के रूप में चित्रित किया गया है। समय के साथ इनकी बदलती स्थितियों को इन घेरों के रंग की तीव्रता को बढ़ाते हुए दर्शाया गया है। कुछ तारों को, पैनल **(क)** के केन्द्र में पीले तारे द्वारा निर्दिष्ट एक उभयनिष्ठ बिन्दु के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार कक्षा बनाते हुए देखा जा सकता है। S0-4 (पीले रंग से निर्दिष्ट) की कक्षा एवं स्थिति को पैनल **(ग)** में नहीं दिखाया गया है, लेकिन उसे केन्द्र से दूर जाते हुए स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है।

Credits: These images /animations were created by Prof. Andrea Ghez and her research team at UCLA from data sets obtained with the W. M. Keck Telescopes. URL: http://www.galacticcenter.astro.ucla.edu. License: CC-BY.



चित्र-5 : वृद्धिमान महाविशाल ब्लैक होल हरक्यूलस-ए। 2 अरब प्रकाश-वर्ष दूर स्थित इस ब्लैक होल की रेडियो-इमेज प्लाज्मा की जुड़वाँ-पिचकारियाँ प्रदर्शित करती है (जिन्हें कृत्रिम रूप से रंगीन बनाई गई तस्वीर में गुलाबी रंग से दर्शाया गया है) जो लगभग एक मिलियन प्रकाश-वर्ष दूर तक जाती है। इस रेडियो-इमेज को क्षेत्र की दृश्य-प्रकाश इमेज (जो महाविशाल ब्लैक होल की निहारिका को प्रदर्शित करती है) के ऊपर रखकर एक मिश्रित तस्वीर बनाई गई है।

Credits: NASA, ESA, S. Baum & C. O'Dea (RIT), R. Perley & W. Cotton (NRAO/AUI/NSF), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA). URL: http://www.nrao.edu/pr/2012/herca/. License: CC-BY.

द्वारा प्रतिपादित अनुमानों, और उसके बाद के शोध कार्यों (सी.वी. विश्वेश्वर के शोध कार्य सहित) के संगत थे।

महाविशाल ब्लैक होल का निर्माण कैसे होता है?

हम इस बात का ज़िक्र पहले ही कर चुके हैं कि अपने जीवन के अन्त में भारी तारे अपने पीछे ब्लैक होल्स छोड़ जाते हैं। ब्लैक होल्स के विलय द्वारा अन्तरिक्ष में उत्पन्न तरंगों को तीसरी बार दर्ज किया जा चुका है – जो इस बात की ओर संकेत करता है कि ब्रह्माण्ड में ब्लैक होल्स का विलय काफ़ी सामान्य घटना है। क्या निहारिकाओं के केन्द्र में पाए जाने वाले 10 लाख $M_\odot$ से भी ज़्यादा भारी ब्लैक होल, इस प्रकार के बारम्बार विलयों का परिणाम हैं? चलिए, इस बात की जाँच करते हैं।

गणनाओं से पता चलता है कि तारों की मृत्यु के फलस्वरूप बने सबसे भारी ब्लैक होल भी 100 $M_\odot$ से अधिक भारी नहीं हो सकते। अभी तक प्रेक्षित (LIGO द्वारा) सबसे भारी ब्लैक होल लगभग 60 $M_\odot$ का है। तब, यह साफ़ है कि तारों की मृत्यु के बाद बचे अवशेषों का विलय होकर एक महाविशाल ब्लैक होल बनने में अकल्पनीय रूप से ज़्यादा समय लगेगा।

लेकिन, अचरज की बात यह है कि हमें काफ़ी संख्या में वृद्धिमान महाविशाल ब्लैक होल (जिन्हें **क्वासर** भी कहते हैं) ऐसे भी मिले हैं, जिनकी जाँच-पड़ताल करने पर पता चला है कि उनका अस्तित्व तब से है जब ब्रह्माण्ड की उम्र एक अरब साल से भी कम थी (फ़िलहाल ब्रह्माण्ड की उम्र 13.8 अरब वर्ष है)। इन ब्लैक होल्स का द्रव्यमान न सिर्फ़ दस लाख $M_\odot$, बल्कि एक अरब $M_\odot$ तक भी जान पड़ता है! ज़ाहिर है, तारों की मृत्यु से बन सकने वाले सबसे बड़े ब्लैक होल को भी बारम्बार विलयों द्वारा एक अरब $M_\odot$ का विशाल ब्लैक होल बनने के लिए एक अरब वर्ष का समय पर्याप्त नहीं होगा। इसलिए, लोगों का विश्वास अब इस अवधारणा पर होता जा रहा है कि ब्रह्माण्ड के शुरुआती दिनों में अत्यधिक बड़े गैस के बादल सीधे ही लगभग 10000 $M_\odot$ के ब्लैक होल बीजों में बदल गए होंगे।[7] यही ब्लैक होल बीज एक-दूसरे में विलय द्वारा महाविशाल ब्लैक होल बन गए होंगे।

महाविशाल ब्लैक होल अपने आस-पड़ोस में चक्कर काट रही किसी भी वस्तु को निगलकर

चित्र-6 : विलयशील निहारिकाओं के उदाहरण : (क) विलय की प्रक्रिया के दौरान निहारिकाओं NGC2207 एवं IC163 का युग्म **(ख)** एक विलयशील निहारिका - NGC2623; विलय प्रक्रिया की प्रगति के मामले में दाईं ओर प्रदर्शित तंत्र, बाईं ओर के तंत्र से काफ़ी आगे जा चुका है। इसलिए, दाईं ओर के तंत्र में देखा जा सकता है कि दो में से एक मूल निहारिकाओं के सर्पिलाकार की एक भुजा खींचकर अलग कर दी गई है और विलयशील संकुल एकल-निहारिका प्रतीत हो रहा है हालाँकि थोड़ा विकृत स्वरूप है)। अब ऐसा अपेक्षित है कि उनके केन्द्र में उपस्थित ब्लैक होल अन्ततः एक-दूसरे में विलय हो जाएँगे।

Credits: Hubble Space Telescope, NASA. URL: (a) http://hubblesite.org/image/1627/news_release/2004-45 & (b) https://apod.nasa.gov/apod/ap121019.html. License: with permission for free use.

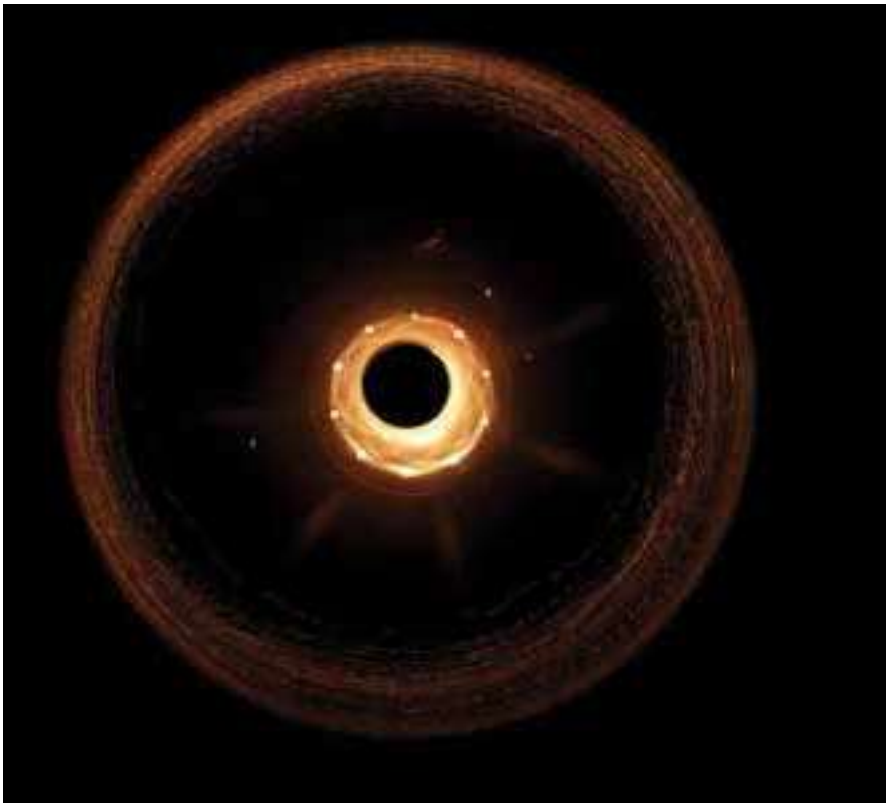
शब्दकोश :

प्रकाश वर्ष : खगोलभौतिकी में दूरी की एक इकाई, जो प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय की गई दूरी के बराबर होती है (~ 95 खरब किलोमीटर)

आर्कसेकंड : खगोलविज्ञान में, आकाशीय पिण्डों के आकार (या पिण्डों के बीच अलगाव) को (किलोमीटर वग़ैरह की बजाय) कोण में मापना आम बात है; सामान्य भौतिक इकाइयों में ऐसे मापन करना एक जटिल प्रक्रिया है, क्योंकि उनमें कई अन्य प्रकार की जानकारियों की आवश्यकता पड़ती है। आकाश में पिण्डों के 'कोणीय माप' एवं 'कोणीय अलगाव' को सीधे-सीधे एक फोटो से मापा जा सकता है, और यदि माप एवं अलगाव बहुत ज़्यादा है तो उनको प्रत्यक्ष प्रेक्षण से भी मापा जा सकता है।

यदि कोई पिण्ड आँखों पर 1 डिग्री का कोण बनाता है, तो उसका माप एक डिग्री और यदि वह आँखों पर 1 सेकंड का कोण बनाता है तब उसके कोणीय माप को 1 आर्कसेकंड कहा जाता है। उदाहरण के लिए, चाँद का कोणीय माप लगभग 31 आर्कमिनट है।

$M_{\odot}$ **:** यह सूर्य के द्रव्यमान को व्यक्त करता है, जो 2×10^{30} किग्रा है। यह द्रव्यमान की एक इकाई है जिसे खगोलविज्ञानी सूर्य से बड़े सभी पिण्डों के द्रव्यमान को व्यक्त करने में प्रयुक्त करते हैं।



और बड़े होते गए होंगे। इनमें से कई वृद्धिमान ब्लैक होल्स को प्लाज़्मा की जुड़वाँ-पिचकारियाँ (twin-jets) छोड़ने के लिए जाना जाता है जो रेडियो-प्रकाश में चमकती हैं; लगभग 15% मामलों में जुड़वाँ-पिचकारियों की चाल प्रकाश की चाल के काफ़ी क़रीब होती है, और ये बाह्य अन्तरिक्ष में कई लाख प्रकाश वर्ष दूर पहुँचती हैं (देखें **चित्र-5**)।

महाविशाल ब्लैक होल, अन्य ब्लैक होल्स (उदाहरणस्वरूप, LIGO द्वारा खोजे गए अपेक्षाकृत छोटे ब्लैक होल्स) के साथ संलयित होकर भी बड़ा होना जारी रख सकते हैं, यदि उनकी निहारिकाएँ (जिनमें वे ब्लैक होल हैं) साथ आ जाएँ। वास्तव में, इस बात के काफ़ी पुख़्ता प्रमाण हैं कि अकसर निहारिकाओं का विलय होकर बड़ी निहारिकाएँ बनती रहती हैं (देखें **चित्र-6**)। ऐसी अन्तर्क्रियाओं की भौतिकी का कम्प्यूटर सिम्युलेशन करने पर पता चलता है कि विलयशील निहारिकाओं के केन्द्रीय ब्लैक होल अन्ततः एक-दूसरे में मिल जाएँगे। ऐसा अनुमान है कि ऐसे विलय के फलस्वरूप अन्तरिक्ष में तरंगें उत्पन्न होती हैं, और उम्मीद है कि इन तरंगों को भविष्य के गुरुत्वाकर्षण-तरंग संसूचक यंत्रों में दर्ज किया जाएगा।

क्या ब्लैक होल मरते हैं?

सामान्य समझ से ऐसा प्रतीत होता है कि ब्लैक होल स्थाई होते होंगे क्योंकि जो भी इसमें समा जाता है, कभी बाहर नहीं आता। यह सामान्य समझ 70 के दशक के मध्य तक की वैज्ञानिक समझ से मेल खाती थी। फिर, 1974 में स्टीफन हॉकिंग ने अचरज में डाल देने वाली एक परिकल्पना प्रस्तुत की। आइंस्टाइन के सामान्य सापेक्षता सिद्धान्त और क्वांटम सिद्धान्त को एक साथ जोड़कर हॉकिंग ने पता लगाया कि ब्लैक होल शत-प्रतिशत ब्लैक नहीं हो सकता। क्वांटम प्रभावों के कारण यह विकिरण उत्सर्जित करेगा और परिणामस्वरूप द्रव्यमान की हानि होगी। यह भविष्यवाणी की गई कि ब्लैक होल का द्रव्यमान जितना कम होगा, विकिरण उतना ही ज़्यादा चमकदार होगा। इसका मतलब हुआ कि धीरे-धीरे विकिरित हो रहा ह्रासमान ब्लैक होल, अन्ततः एक अत्यधिक तीव्र चमक के साथ ग़ायब हो जाएगा। हम जिन खगोलीय

ब्लैक होल्स (छोटे व महाविशाल दोनों) को जानते हैं, उनके लिए यह विकिरण (**हॉकिंग रेडिएशन**) इतनी दुर्बल होती है कि हम अपने अत्याधुनिक उपकरणों की सहायता से भी दर्ज नहीं कर सकते। जहाँ एक ओर, हाल ही में किए गए एक दावे के अनुसार प्रयोगशाला में निर्मित कृत्रिम ब्लैक होल से उत्सर्जित विकिरणों का मापन सम्भव है, वहीं दूसरी ओर खगोलीय हॉकिंग विकिरण आज भी केवल एक अप्रेक्षित सैद्धान्तिक अनुमान है।[8]

समापन

हम केवल उन्हीं महाविशाल ब्लैक होल्स को जानते हैं जो निहारिकाओं के केन्द्र में पाए जाते हैं। यह हमेशा चमत्कारों से भरे रहे हैं। पिछले दशक में जो सबसे अद्भुत बात हमें पता लगी है, वह है – महाविशाल ब्लैक होल्स की वृद्धि उन निहारिकाओं की वृद्धि के साथ-साथ चलती है जिनमें वे उपस्थित होते हैं।[9] यह बात हमारी अपनी आकाशगंगा के केन्द्र में उपस्थित महाविशाल ब्लैक होल के लिए भी सत्य हो सकती है, जो स्वयं आकाशगंगा की तुलना में अत्यन्त छोटा है। हालाँकि, चमकने और बढ़ने की प्रक्रिया के दौरान, इस ब्लैक होल ने आकाशगंगा के विकास में भी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई है (कई अन्य प्रक्रियाओं के अलावा हमारे सूर्य एवं इसके ग्रहीय तंत्र के जन्म में)। यह क्यों और कैसे होता है, या फिर होता भी है या नहीं, इसकी समझ, ब्लैक होल की कहानी को और अधिक स्पष्ट बनाने के लिए आवश्यक है। अतः ये सवाल आज भी खगोलविज्ञानियों के लिए पहेली बने हुए हैं।

मुख्य बिन्दु

- ब्लैक होल अन्तरिक्ष का वह भाग होते हैं जो इतना प्रबल गुरुत्वाकर्षण बल आरोपित करते हैं कि प्रकाश भी उनसे पलायन नहीं कर सकता।
- शुरुआती ब्रह्माण्ड में गैस के अत्यधिक विशाल बादलों के एक-दूसरे में समा जाने से कुछ पिण्ड बने, और ऐसा प्रतीत होता है कि इन पिण्डों ने ब्लैक होल्स के जन्म में बीजों की भूमिका निभाई।
- ब्लैक होल के तुरन्त पड़ोस से होने वाले प्रकाश उत्सर्जन के कारण हमें ब्लैक होल के अस्तित्व का भान काफ़ी पहले से था।
- आज, ब्लैक होल्स को निहारिकाओं के केन्द्र में तारों की दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं से, या अन्तरिक्ष में उनके द्वारा उत्पन्न की गई तरंगों से खोजा जाता है।
- यह काफ़ी रोचक प्रतीत होता है कि विकिरण के माध्यम से द्रव्यमान-क्षय होने के कारण ब्लैक होल अन्ततः ग़ायब हो सकते हैं।

Acknowledgements: The author is grateful to Ajay Talwar for supplying his photograph of the Milky Way, and to the Keck/UCLA Galactic Center Group for their public domain images. Extensive use has been made of the NASA Extragalactic Data Base, NASA ADS, and the astronomical images published by NASA and Wikipedia.

Note: Image used in the background of the article title – An artist's conception of a supermassive black hole. Credits: NASA/JPL-Caltech. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_Holes_-_Monsters_in_Space.jpg. License: CC-BY.

References:

1. Thorne K & Norton W (2014). Science of Interstellar.
2. von Tunzelmann J, Franklin P & Thorne K S (2015). Class & Q Gravity, 32: 6.
3. Shastri P (2017). Resonance, 22: 237.
4. Ghez A (2008). Astrophys J, 689: 1044.
5. Genzel R (2010). Rev. Mod. Physics, 82: 3121.
6. Pai A. (2017). Physics News, 47: 17.
7. Agarwal B et al. (2016). Mon Not R. Astr. Soc, 460: 4003.
8. Intagliata C (2016). Model black hole re-creates Stephen Hawking prediction. Scientific American Podcast. URL:https://www.scientificamerican.com/podcast/episode/model-black-hole-re-creates-stephen-hawking-prediction/.
9. Ferrarese L & Merritt D (2000). Astrophys. J. Lett, 539: L9.

प्रज्वल शास्त्री भारतीय ताराभौतिकी संस्थान, बेंगलूरु में तारा-भौतिकशास्त्री हैं। इनकी प्रमुख शोध रूचि अतिभारी ब्लैक होल्स की अनुभवजन्य जाँच-पड़ताल में है। वह वैज्ञानिक सोच को विकसित करने की आवश्यकता को समझती हैं और ब्रह्माण्ड के प्रति अपने आकर्षण को सभी आयु वर्ग के व्यक्तियों के साथ साझा करने के लिए खगोलभौतिकी का उपयोग करती हैं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : कान्हाराम **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर** : कामिनी उपाध्याय

एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : ला ग्राण्ड के

हम लोग सामान ख़रीदने अकसर किराने की दुकान पर जाते हैं और आए दिन सामान या खाद्य पदार्थ के मूल्य सुनते रहते हैं, जैसे टमाटर 15 रुपए प्रति किलोग्राम। वैसे तो हम जानते हैं कि किलोग्राम द्रव्यमान का एक मानक मात्रक (unit) है, पर क्या आपने कभी सोचा है कि इसे मापा कैसे जाता है? दुनिया भर की किराना दुकानों में प्रयोग किए जाने वाले बाँटों का माप एक बराबर कैसे होता है?

ऐसे ही सवालों के जवाब में 1889 में आयोजित माप-तौल के पहले महासम्मेलन में प्लैटिनम-इरीडियम के एक बेलन को किलोग्राम का अन्तर्राष्ट्रीय प्रतिरूप (IPK- International Prototype of the Kilogram) घोषित किया गया। तब से इसी बेलन के सटीक द्रव्यमान को एक किलोग्राम के रूप में परिभाषित किया गया है। इस बेलन की लम्बाई और व्यास दोनों का ही मान 39.17 मिमी है। इसे अकसर 'ला ग्राण्ड के' (Le grand K) भी कहा जाता है।

'ला ग्राण्ड के' को नमी से होने वाले क्षरण और धूल से बचाने के लिए इसे पेरिस, फ्रांस के एक जलवायु-नियंत्रित कमरे में शीशे के तीन परत वाले हवाबन्द घण्टीनुमा मर्तबान में रखा गया है। कमरे को तीन संरक्षकों की उपस्थिति में ही खोला जा सकता है। प्रत्येक संरक्षक के पास अपनी विशेष चाबी होती है। सुसंगति बनाए रखने के लिए और राष्ट्रीय मानक के तौर पर उपयोग के लिए इस बेलन की 40 एक-जैसी प्रतिकृतियाँ भारत समेत अन्य देशों को भी प्रदान की गई थीं। द्रव्यमान में किसी प्रकार का अन्तर पता करने के लिए, पिछली शताब्दी में इन प्रतियों का 'ला ग्राण्ड के' के साथ तीन बार मिलान हुआ है और इनके द्रव्यमान की आपस में तुलना की गई है और जाँच भी की गई है। ऐसे प्रत्येक मौक़े पर, 'ला ग्राण्ड के' और इसकी प्रतिकृतियों में दूषण की सम्भावनाओं को कम करने के लिए इन्हें पहले एल्कोहॉल और ईथर से और फिर भाप से साफ़ किया गया है। तो समस्या का निवारण हो गया, है न?

'ला ग्राण्ड के' का उपयोग राष्ट्रीय मानकों के रूप में किया जाता है। सबसे दाएँ मौजूद प्लैटिनम-इरीडियम की बेलनाकार वह प्रतिकृति है जो यूएसए में किलोग्राम के राष्ट्रीय मानक के रूप में उपयोग की जाती है (इसे किलोग्राम क्रमांक 20 कहा जाता है)। सबसे बाएँ, शीशे के मर्तबान में जो बेलन है (जिसे किलोग्राम क्रमांक 4 कहा जाता है) किलोग्राम क्रमांक 20 की प्रतिकृति है। इसे द्वितीयक मानक के रूप में उपयोग किया जाता है।

Credits: National Institute of Standards and Technology.
URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MassStandards_005.jpg. License: CC-BY.

नहीं, बिल्कुल नहीं। इतनी सावधानियों के बावजूद, 1992 में किए गए मापन ने दर्शाया कि 'ला ग्राण्ड के' अपनी प्रतिकृतियों से 50 माइक्रोग्राम हल्का था (आँख की पलक पर मौजूद एक बाल के वज़न के बराबर)। भले ही दैनिक जीवन में उपयोग की जाने वाली वस्तुओं की ख़रीदारी के सन्दर्भ में वज़न का यह अन्तर मायने न रखता हो, पर चिकित्सा और इंजीनियरिंग जैसे क्षेत्रों में वज़न का यह अन्तर अस्वीकार्य है। इन क्षेत्रों में माप की परिशुद्धता काफ़ी मायने रखती है। एक महत्त्वपूर्ण बात यह है कि किलोग्राम अन्तर्राष्ट्रीय प्रणाली का एक आधारभूत मात्रक है। अर्थात, बाकी के मात्रक जैसे न्यूटन, जूल और पास्कल, आंशिक रूप में किलोग्राम से व्युत्पन्न (derived) हैं। अत: इस मात्रक किलोग्राम के माप में किसी प्रकार की त्रुटि का असर काफ़ी दूर तक होगा।

तो इस समस्या का समाधान कैसे किया जाए? यह जानने के लिए पृष्ठ 12 देखें।

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

क्या हैं श्वेत वामन तारे?

हबल टेलिस्कोप से पिक्सिस (Pyxis) नामक दक्षिणी तारा-मण्डल के ग्रहीय नेबूला NGC 2818 की एक तस्वीर।
Credits: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA).
URL: https://www.flickr.com/photos/nasahubble/24610628508. License: CC-BY.

हमें मालूम है कि जब कोई विशाल तारा पिचकता है, तब यह एक सुपरनोवा में परिवर्तित हो जाता है। सुपरनोवा अन्ततः न्यूट्रॉन तारे या ब्लैकहोल में तब्दील हो जाता है। लेकिन, ऐसे विशाल तारे कुल तारों में से सिर्फ़ 3% ही हैं। तो, बाकी के 97% मध्यम श्रेणी तारों (जैसे हमारा सूरज) का जब ईंधन समाप्त हो जाता है, तब उनका क्या होता है?

अनुमान है कि आज से करीब 600 करोड़ वर्षों बाद सूर्य से हाइड्रोजन समाप्त हो जाएगी। जब ऐसा होगा, तब सूर्य में उपस्थित हीलियम का भारी तत्वों में संलयन (fusion) शुरू हो जाएगा। ऐसा होते समय, सूर्य की बाहरी परतें झड़ती जाएँगी और एक भव्य ग्रहीय नेबूला का निर्माण होगा। इस प्रक्रिया के समाप्त होने के पश्चात तारे का सिर्फ मूल अन्तर्भाग ही बचेगा- जिसे श्वेत वामन तारा कहा जाता है।

रोचक बात यह है कि किसी वामन तारे का द्रव्यमान अपने मूल तारे (जिससे यह वामन तारा बना था) के द्रव्यमान का आधा बरक़रार रहता है, जबकि इसका आकार मूल तारे के आकार के 10 लाख वें हिस्से से भी छोटा होता है। उदाहरण के लिए, अग़र हमारा सूर्य वामन तारे में तब्दील हुआ, तो सूर्य का बचा हुआ आधा द्रव्यमान पृथ्वी के बराबर आकार में घनीभूत हो जाएगा। मतलब यह कि वामन तारों का घनत्व बहुत आधिक होता है। इसके एक चम्मच पदार्थ का भार लगभग 4000 किलोग्राम होता है- एक हाथी के बराबर। इससे यह भी पता चलता है कि किसी वामन तारे का गुरुत्वाकर्षण काफ़ी प्रभावशाली होता है। इसका मान पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण से 100,000 गुना से भी अधिक।

वामन तारा बेहद गर्म भी होता है। हमारे सूर्य से लगभग 40 गुणा अधिक गर्म। अलबत्ता, किसी नाभिकीय क्रिया की अनुपस्थिति में यह काफ़ी स्थिर भी होता है। कोई वामन तारा विकिरण (रेडिएशन) के सहारे ही ऊष्मा गँवा सकता है, जो एक धीमी प्रक्रिया है। इतनी धीमी कि वामन तारे को अपनी सारी ऊष्मा गँवाने में और अपने तापमान को आसपास के वातावरण के बराबर करने में कई ख़रब वर्ष लगेंगे।

ईशान घोष अशोका विश्वविद्यालय, हरियाणा में स्नातक तृतीय वर्ष के विद्यार्थी हैं। जेनेटिक इंजीनियरिंग और वैज्ञानिक पत्रकारिता में समान रुचि रखने के साथ-साथ, वह जीवविज्ञान (प्रमुख विषय) और मीडिया अध्ययन एवं पत्रकारिता (सहायक विषय) की पढ़ाई कर रहे हैं। ईशान से ishaan.ghose_ug20@ashoka.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : 'ला ग्राण्ड के' का प्रतिस्थापन

1889 से ही हम किलोग्राम के अन्तर्राष्ट्रीय प्रोटोटाइप (IPK) के रूप में प्लैटिनम-इरीडियम बेलन का इस्तेमाल करते आए हैं – जिसे 'ला ग्राण्ड के' के नाम से भी जाना जाता है। लेकिन, कुछ बारीक मापन में 'ला ग्राण्ड के' के द्रव्यमान में गड़बड़ियाँ पाई गई हैं।

इस समस्या का हल किलोग्राम को किसी ऐसे भौतिक स्थिरांक के सापेक्ष दुबारा परिभाषित कर किया जा सकता है, जिसे ब्रह्माण्ड में कहीं भी मापा जा सके और सर्वत्र एक समान परिणाम दे। इसका मतलब यह होगा कि यह मात्रक भौतिक क्षरण, तापमान या दाब, किसी स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण के मान आदि कारकों से प्रभावित नहीं होगा। भौतिकी में कई अन्य मात्रकों को इस तरह से दुबारा परिभाषित किया गया है। उदाहरण के लिए, मीटर जैसे मात्रक को प्रकाश की गति के सापेक्ष दुबारा परिभाषित किया गया है और सेकंड (समय) को सीज़ियम परमाणुओं में घटित हो रहे इलेक्ट्रॉन संक्रमण की आवृत्ति के सापेक्ष दुबारा परिभाषित किया गया है।

कई भौतिकविज्ञानियों ने किलोग्राम को प्लांक स्थिरांक (Planck's constant) के सन्दर्भ में दुबारा परिभाषित करने का प्रस्ताव रखा था। 2011 में, अन्तर्राष्ट्रीय माप-तोल समिति ने अपने 55 प्रतिनिधियों की सर्वसम्मति से इस तरीक़े को औपचारिक रूप दिया।

किलोग्राम की नई परिभाषा को उपयोगी बनाने के लिए, प्लांक स्थिरांक को परिशुद्धता से मापना ज़रूरी था ताकि 'ला ग्राण्ड के' के प्रतिस्थापन से होने वाले परिवर्तन सहज रहें। अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति ने प्लांक स्थिरांक के सटीक मान निर्धारण के लिए निम्नलिखित शर्तें रखीं :

1. तीन स्वतंत्र माप, जिनमें
2. प्रत्येक माप की अनिश्चितता < 50 भाग प्रति 100 करोड़,
3. कम-से-कम दो माप काफ़ी अलग-अलग प्रयोगों/विधियों से प्राप्त परिणाम हों,
4. कम-से-कम एक माप की अनिश्चितता < 20 भाग प्रति 100 करोड़।

लेकिन, यह प्लांक स्थिरांक है क्या? और, यह किलोग्राम से कैसे सम्बन्धित है?

यह जानकारी आप पृष्ठ संख्या 60 पर पा सकते हैं।

Credits: FallingFifth.com.
URL:https://www.fallingfifth.com/comics/20070328. License: CC-BY-NC-SA.

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

त्वचा घावों को कैसे भरती है?

तनय भट्ट, गौरव कंसागरा, नेहा पिंचा एवं कॉलिन जमोरा

घाव हमारे जीवन का अपरिहार्य हिस्सा हैं। कुछ घाव जल्दी भर जाते हैं, कुछ को भरने में समय लगता है और कुछ घाव ठीक होने के बाद निशान छोड़ देते हैं। त्वचा मानव शरीर का वह अंग है जिसमें ख़ुद की मरम्मत करने की क़ुदरती क्षमता होती है। त्वचा यह कैसे करती है?

क्या आप किसी ऐसे व्यक्ति को जानते हैं जिसको कभी भी चोट न लगी हो? नहीं ना? चलिए कुछ सरल सवाल लेते हैं – क्या आपको याद है कि आपको कितनी बार कोई चीरा या घाव लगा है? यह असम्भव लगता है कि किसी के पास इनका जवाब हाँ में होगा?

चिकित्सा की भाषा में, घाव को शरीर की ऐसी चोट के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसमें त्वचा जैसी कोई सुरक्षात्मक झिल्ली टूटती है और उसके नीचे उपस्थित ऊतकों को नुकसान पहुँचता है। चीरा लग जाना या घाव हो जाना दैनिक जीवन में आम बात है। यदि इनकी परवाह न की जाए, तो ऊतक की अखण्डता में कमी आ सकती है जिसके परिणामस्वरूप उनके द्वारा सम्पादित कार्यों में रुकावट आ जाती है और जीवन थोड़ा कठिन हो जाता है।

लाखों वर्षों के जैव-विकास ने हमारे शरीर को स्व-उपचार तंत्र से लैस कर दिया है। यही कारण है कि प्राय: हम छोटी-मोटी चोटों की परवाह नहीं करते हैं। यहाँ तक कि बड़े घावों (जैसे जलने या दुर्घटना से) के मामलों में भी चिकित्सकीय देखभाल ऐतिहासिक रूप से ऐसी तकनीकों के विकास पर केन्द्रित रही है जो शरीर के क़ुदरती चिकित्सा तंत्र के पूरक के रूप में कार्य करती हैं (देखें **बॉक्स-1**)। ऐसा करने के लिए, हम लगातार इन तंत्रों में शामिल विशिष्ट कोशिकाओं और आणविक कारकों का पता लगाने का प्रयास करते हैं। इस सम्बन्ध में जिस अंग का सबसे अधिक अध्ययन किया गया है वह है त्वचा।

मानव त्वचा

सतह के क्षेत्रफल और वज़न के हिसाब से त्वचा शरीर का सबसे बड़ा अंग है। त्वचा रोगजनकों, निर्जलीकरण, रासायनिक विषाक्त पदार्थों और हानिकारक पराबैंगनी किरणों के खिलाफ़ एक सुरक्षात्मक अवरोध के रूप में कार्य करती है। इसकी पुनर्जनन की अत्यधिक क्षमता के साथ, त्वचा की घाव की मरम्मत करने की क्षमता शरीर के सभी अंगों में सर्वाधिक है; दिल (दिल का दौरा पड़ने के बाद) और मस्तिष्क (स्ट्रोक के बाद) से भी अधिक।

स्तनधारियों की त्वचा तीन परतों से बनी होती है (देखें **चित्र-1**):

- **अधित्वचा (epidermis)**: यह त्वचा की सबसे बाहरी परत है जिसे हम देख सकते हैं। इसमें **केराटिनोसाइट्स** नामक कोशिकाएँ होती हैं, जो विभिन्न उप-परतों में व्यवस्थित होती हैं। एपिडर्मिस की सबसे निचली उप-परत में एपिडर्मल स्टेम (मूल) कोशिकाएँ विभाजित होकर अन्य परतों का निर्माण करती हैं। जैसे-जैसे विभाजित कोशिकाएँ परिपक्व होती हैं उन्हें ऊपर की तरफ धकेल दिया जाता है ताकि वे सतह पर ख़राब या क्षतिग्रस्त कोशिकाओं की जगह ले लें। एपिडर्मिस में रोम पुटिकाएँ

(hair follicles), स्वेद ग्रन्थियाँ (sweat glands) और वसीय ग्रन्थियाँ (sebaceous glands) भी होती हैं।

- **त्वचा (dermis)**: यह परत एपिडर्मिस के नीचे एक आधार तंत्र बनाती है। इसमें ज्यादातर **तन्तुकोरक (fibroblasts)** नामक कोशिकाएँ होती हैं, जो बाह्यकोशिकीय आधात्री (मैट्रिक्स) का उत्पादन करती हैं। अधिकांश रक्त वाहिकाएँ और तंत्रिकाएँ इस परत में होती हैं और उनके विस्तार उन्हें अधित्वचा कोशिकाओं से जोड़ते हैं।
- **अधोत्वचा (hypodermis)**: वसीय (adipose) ऊतक से बनी होती है। शरीर से ऊष्मा की हानि को रोकने में इसकी उपस्थिति महत्त्वपूर्ण है।

इन तीनों परतों में पाई जाने वाली कोशिकाएँ घावों को भरने की प्रक्रिया को संचालित करती हैं। इसके अलावा, त्वचा में वृहत्भक्षक कोशिकाएँ (macrophages) और मास्ट कोशिकाओं जैसी कुछ प्रतिरक्षा कोशिकाएँ होती हैं, जो चोट या संक्रमण की स्थिति में तत्काल प्रतिक्रिया देने में सक्षम होती हैं (देखें **बॉक्स-2**)।

त्वचा में घाव का भरना

घाव भरने की प्रक्रिया चार चरणों में सम्पन्न होती है। इस प्रक्रिया में कुछ सेकंड से लेकर महीनों तक का समय लग सकता हैं (देखें **चित्र-2**)।

(क) रक्त के बहने को रोकना (Hemostasis)

घाव भरने के पहले चरण में रक्त के नुकसान को कम करने के लिए थक्के का बनना शामिल होता है।

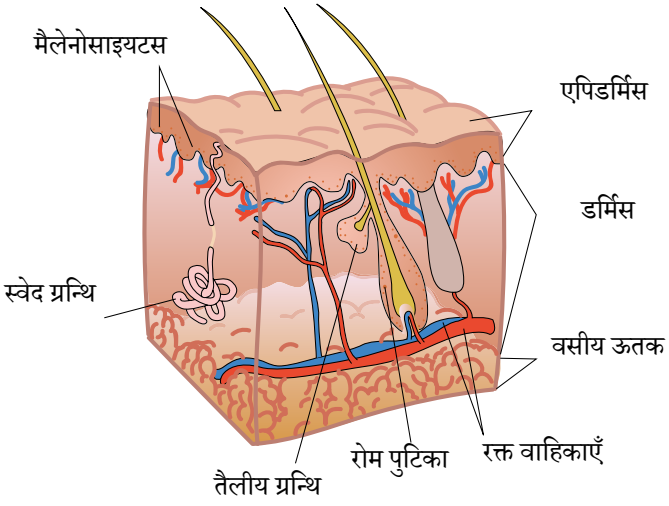
थक्का कई कोशिकाओं और ऊतकों की समन्वित गतिविधि से बनता है - इनमें से प्रत्येक को कई संकेतों के माध्यम से यह सूचना मिलती है कि कब और कैसे कार्य करना है। अधोत्वचीय कोशिकाएँ (जो रक्त वाहिकाओं के आन्तरिक अस्तर का निर्माण करती हैं) साबुत रक्त वाहिकाओं में प्रोस्टासाइक्लीन जैसे रसायन स्रावित करती है जो प्लेटलेट्स के एकत्रित होने को रोककर सुचारू रक्त प्रवाह सुनिश्चित करते हैं। जब घाव रक्त वाहिकाओं को नुकसान पहुँचाता है, तो यह नियन्त्रण प्रभावी नहीं रहता है और प्लेटलेट्स चोट की जगह पर जल्दी से जमा होने लगते हैं। ये प्लेटलेट्स प्रचुर मात्रा में **फाइब्रिन** नामक तन्तुनुमा प्रोटीन का स्राव करते हैं, जो घाव स्थल पर एक अघुलनशील जाल (थक्का) का निर्माण करता है, फलस्वरूप घाव का क्षेत्र सील हो जाता है। आमतौर पर हीमोस्टेसिस कुछ सेकंड से कुछ मिनटों के भीतर सम्पन्न होता है।

इसी के साथ, विभिन्न स्रोतों से रासायनिक संकेतों के निर्मुक्त होने के फलस्वरूप घाव भरने की शुरुआत हो जाती है। स्वस्थ पड़ोसी कोशिकाओं को चोट की सूचना दो प्रकार के आणविक संकेतों के माध्यम से दी जाती है। एक प्रकार के संकेत ऐसे आणविक रूपांकनों के रूप में होते हैं जिन्हें **क्षति-सम्बन्धी आणविक पैटर्न** – **(Damage Associated Molecular Patterns - DAMPs)** कहा जाता है, जो विशेष रूप से घाव स्थल पर मृत और क्षतिग्रस्त कोशिकाओं के मलबे (जैसे डीएनए, आरएनए, प्रोटीन) से सम्बन्धित होते हैं। अन्य आणविक रूपांकन **रोगजनक सम्बन्धी आणविक पैटर्न (Pathogen Associated Molecular Patterns - PAMPs)** के रूप में होते हैं, जो निवासी और रोगजनक बैक्टीरिया

बॉक्स-1 : घाव की देखभाल का संक्षिप्त इतिहास

घावों को ढकना और विसंक्रामकों का उपयोग, घाव भरने से सम्बन्धित चिकित्सा के ऐसे दो तरीक़े हैं जो युगों से प्रचलित हैं। घाव की देखभाल का सबसे पुराना ज्ञात रिकॉर्ड मेसोपोटामिया में मिट्टी से बनी पट्टियों (clay tablets) पर मिला है जो लगभग 2200 ईसा पूर्व का है। यह पट्टी उपचार के तीन तरीक़ों का वर्णन करती है - बीयर से घाव को साफ करना; मिट्टी के साथ तेल और पौधे के अर्क से पट्टी तैयार करना; और अन्त में, घाव पर शराब और तारपीन (एक तेल जो आजकल पेण्ट को हटाने के लिए इस्तेमाल किया जाता है) में भिगोई हुई पट्टी बाँधना। 1400 ईसा पूर्व के एक तरह के काग़ज़ *पपाइरस* (Papyruses) पर लिखी इबारत के अनुसार मिस्रवासी अपने घावों को ढकने के लिए शहद और चिपकने वाली पट्टियों का इस्तेमाल किया करते थे। 5वीं शताब्दी ईसा पूर्व में, हिप्पोक्रेट्स ने सुझाया था कि चोटों को सिरके या शराब से साफ़ किया जाना चाहिए, और शराब में भीगे कपड़े से उसकी मरहम-पट्टी की जानी चाहिए।

सदियों में, घाव भरने में मदद के लिए अन्य साधन विकसित किए गए। अलेक्जेंड्रिया के हेरोन्स के रिकॉर्ड के अनुसार 280 ईसा पूर्व में औषधीय अर्क को शरीर में प्रवेश कराने और गहरे घावों से मवाद को चूसने के लिए ***प्युलकोस*** (जिसका अर्थ ग्रीक में 'मवाद-खींचने वाला' है) नामक सीरिंज का व्यापक उपयोग किया जाता था। अलबत्ता, पाश्चात्य विश्व में इसकी उपयोगिता भुला दी गई थी और लगभग 2000 साल बाद ही इसकी पुन: खोज हुई थी। दो सैन्य सर्जन पेयरक और लैरी ने घावों को विसंक्रमित करने के लिए एक विधि के रूप में इल्लियों के उपयोग का सुझाव दिया था। औषधीय जोंकें (*हिरुडो मेडिसिनलिस*) भी 19वीं शताब्दी में चिकित्सा कार्य का एक अनिवार्य हिस्सा थीं। दिलचस्प बात यह है कि घाव की देखभाल में सर्जरी उन्नीसवीं सदी में तब जाकर एक विश्वसनीय पद्धति बन पाई जब 1865 में जोसेफ लिस्टर द्वारा एन्टीसेप्टिक के रूप में कार्बोलिक एसिड का उपयोग किया गया।



चित्र-1 : मानव त्वचा की तीन परतें।

Credits: CNX OpenStax, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OSC_Microbio_17_02_Skin.jpg. License: CC-BY.

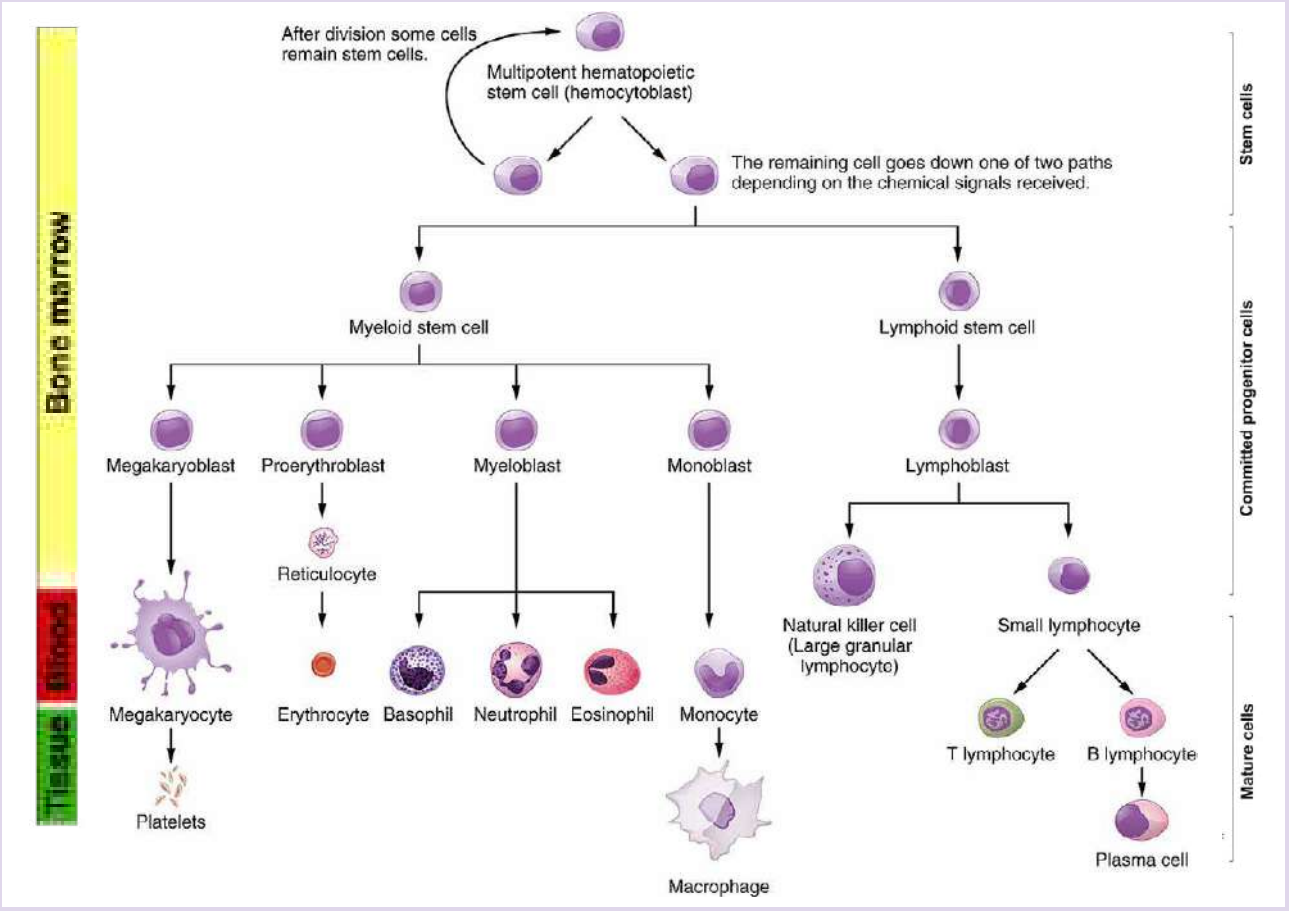
के मेटाबोलाइट्स (जैसे झिल्ली वाले लिपोपॉलेसेकेराइड, पेप्टिडोग्लाइकेन्स आदि) के विशिष्ट हैं, जो शरीर में खुले घाव के माध्यम से प्रवेश करते हैं। इन डीएएमपी और/या पीएएमपी संकेतों को पहचानने पर, स्वस्थ पड़ोसी कोशिकाओं में रासायनिक घटनाओं की एक शृंखला शुरू हो जाती है। इसके परिणामस्वरूप ऐसे रसायनों का स्राव होता है जो घाव स्थल पर प्रतिरक्षा कोशिकाओं (जैसे मैक्रोफेज- वृहद भक्षी कोशिकाओं) को आकर्षित करते हैं। हाल के अध्ययनों से पता चला है कि क्षतिग्रस्त ऊतकों में उत्पन्न कोशिकीय तनाव में कमी (क्योंकि कोशिकाओं के बीच बन्धन क्षतिग्रस्त हो जाते हैं) भी घाव को भरने की प्रक्रिया को शुरू करवा सकती है।

घाव की जगह पर थक्का बनाने वाले प्लेटलेट्स भी रासायनिक संकेत मुक्त करके घाव भरने की प्रक्रिया को शुरू करते हैं, जैसे प्लेटलेट-जनित वृद्धि कारक (पीडीजीएफ- platelet derived growth factor)। प्रतिरक्षा प्रणाली की कोशिकाएँ (जैसे वृहदभक्षी कोशिकाएँ, मोनोसाइट्स, न्यूट्रोफिल) और संयोजी ऊतक (जैसे फ़ायब्रोब्लास्ट) इन रासायनिक संकेतों को पहचानकर घाव स्थल की ओर जाते हैं। ये

बॉक्स-2 : प्रतिरक्षा कोशिकाओं का संक्षिप्त परिचय

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ हमारे शरीर के सैनिकों की तरह हैं क्योंकि वे हानिकारक आक्रमणकारियों से हमारी रक्षा करती हैं। वे अस्थि मज्जा में एक विशेष प्रकार की बहुसक्षम स्टेम कोशिकाओं (pluripotent stem cell) से उत्पन्न होती हैं, जिसे **हिमेटोपोएटीक स्टेम कोशिकाएँ (hematopoietic stem cell)** कहा जाता है। परिणामस्वरूप, ये कोशिकाएँ दो प्रकार की कोशिकाओं को जन्म देती हैं, जिन्हें **माइलॉयड पूर्वज और लिम्फोइड पूर्वज** कहा जाता है।

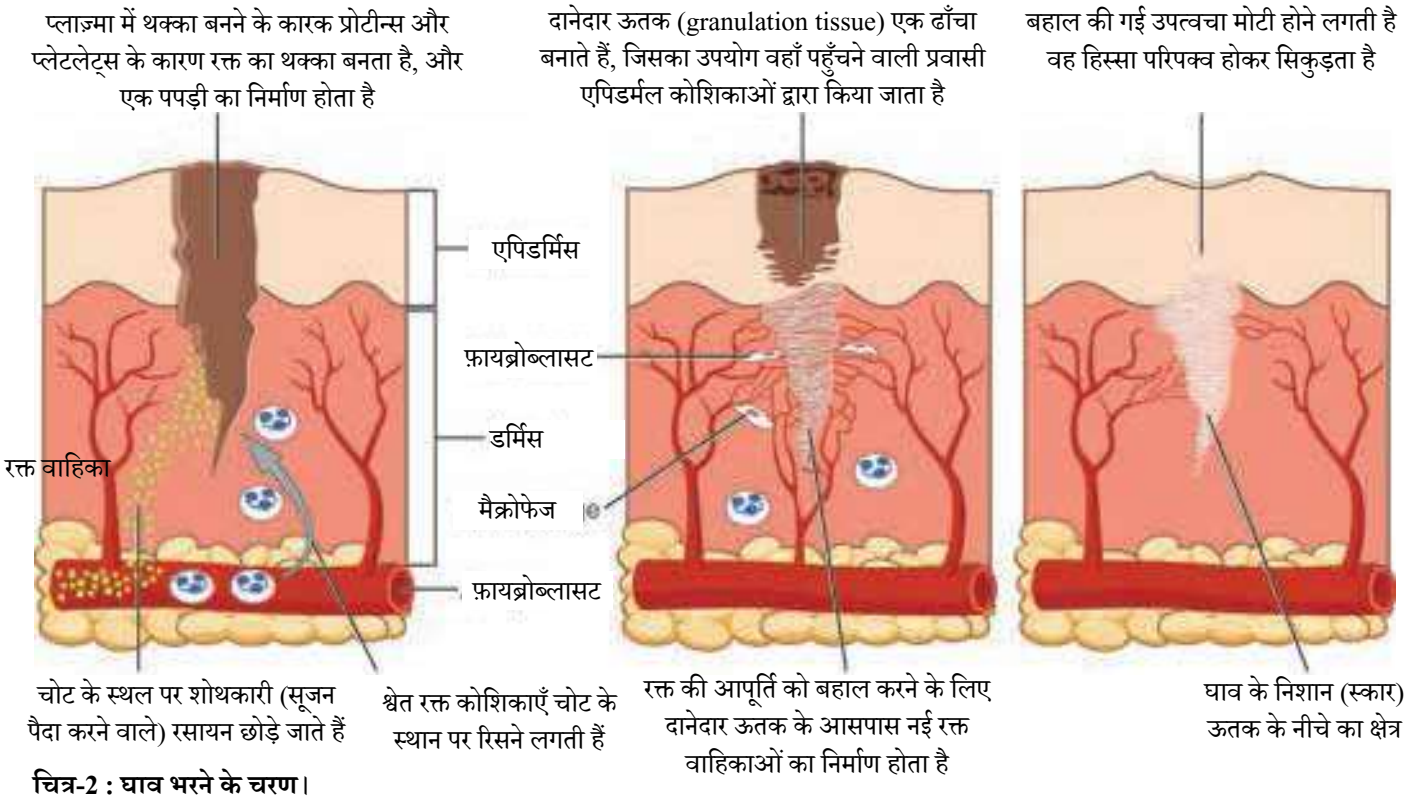
माइलॉयड पूर्वज चार प्रकार की अधिक विशिष्ट कोशिकाओं को जन्म देती हैं। मेगाकेरियोसाइट्स रक्त का थक्का बनाने के लिए प्लेटलेट्स बनाते हैं।



Credits: OpenStax College, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2204_The_Hematopoietic_System_of_the_Bone_Marrow_new.jpg. License: CC-BY.

एरिथ्रोसाइट्स या लाल रक्त कोशिकाएँ शरीर की ऑक्सीजन परिवहन प्रणाली बनाती हैं। ग्रैनुलोसाइट्स (अपने कई दानों के साथ) और परिपक्व मोनोसाइट्स (जिन्हें **मैक्रोफेज** कहा जाता है) जन्मजात प्रतिरक्षा प्रणाली बनाते हैं, जो किसी भी संक्रामक रोगजनक के लिए पहली प्रतिक्रिया के रूप में कार्य करते हैं।

लिम्फोइड पूर्वज **टी-**और **बी-कोशिका अग्रदूतों** के रूप में परिपक्व होते हैं (ये नाम इस आधार पर पड़े हैं क्योंकि ये क्रमशः थाइमस और अस्थि मज्जा में परिपक्व होती हैं)। लिम्फोसाइट्स अनुकूली प्रतिरक्षा प्रणाली का निर्माण करते हैं, जो चोट या संक्रमण के बाद के चरणों में काम करती है। टी-कोशिकाएँ डेन्ड्राइटिक कोशिकाओं और प्राकृतिक मारक (Natural Killer-NK) कोशिकाओं के साथ मिलकर शरीर की संक्रमित कोशिकाओं को मार देती हैं। बी-कोशिकाएँ प्रतिरक्षियों (एंटीबॉडी) का उत्पादन करने के लिए विशेषीकृत होती हैं; एंटीबॉडी संक्रमित कोशिकाओं पर परत चढ़ाकर टी-कोशिकाओं और एनके-कोशिकाओं द्वारा उन्हें पहचानने योग्य बनाती हैं। इनमें से कुछ विशिष्ट प्रतिरक्षी शरीर में बने रहते हैं और प्राकृतिक टीकों की तरह काम करते हैं, जो भविष्य में उन्हीं आक्रमणकारियों के खिलाफ़ तेज़ी से प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया शुरू करने में मदद करते हैं।



चित्र-2 : घाव भरने के चरण।

Credits: OpenStax College, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:417_Tissue_Repair.jpg. License: CC-BY.

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ दो भूमिकाएँ निभाती हैं – वे इस चोट के माध्यम से शरीर में प्रवेश करने वाले संक्रामक रोगजनकों से लड़ती हैं, और मृत कोशिकाओं के रूप में जमा हुए मलबे को हटाती हैं।

(ख) शोथ (Inflammation)

शोथ को चोट की जगह पर प्रतिरक्षा प्रणाली की स्थानीय प्रतिक्रिया कहा जा सकता है। पहली शताब्दी ई. में, औलस सेलस (एक रोमन विश्वकोश रचयिता, जिन्हें चिकित्सा के क्षेत्र में उनके व्यापक काम के लिए जाना जाता है) ने शोथ के चार प्रमुख लक्षणों का वर्णन किया है - कैलोर (गर्मी), डोलर (दर्द), रूबोर (लालिमा) और ट्यूमर (सूजन)। आज भी, घाव के स्वस्थ होने के शुरुआती चरणों को इन्हीं लक्षणों के आधार पर पहचाना जाता है।

त्वचा की शोथ आमतौर पर चोट के कुछ घण्टों के भीतर दिखाई देती है और कुछ दिनों (2-4) से लेकर कुछ हफ़्तों तक बनी रह सकती है। क्षतिग्रस्त त्वचा कोशिकाएँ कोशिकीय रसायनों का स्राव करती हैं, जो आस-पास के क्षेत्र में स्वस्थ कोशिकाओं को विभाजन करने और चोट के स्थान पर पहुँचने के लिए प्रेरित करती हैं। इन रसायनों में से कुछ आस-पास के ऊतकों में फैल जाते हैं और त्वचा तथा रक्त वाहिकाओं में उपस्थित प्रतिरक्षा कोशिकाओं को आकर्षित और सक्रिय करते हैं। उदाहरण के लिए, मास्ट कोशिकाएँ और बेसोफिल्स हिस्टामाइन (एक कोशिकीय संकेतन अणु, अकसर एलर्जी प्रतिक्रिया के दौरान खुजली का कारण) मुक्त करते हैं, जो रक्त वाहिकाओं को फैलाता है और अधिक पारगम्य बना देता है। ऐसा होने पर क्षतिग्रस्त ऊतकों में रक्त से विभिन्न प्रतिरक्षा कोशिकाओं और प्लाज्मा प्रोटीन (जैसे एल्बुमिन और एंटीबॉडीज़) का रिसाव बढ़ जाता है।

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ घाव स्थल में चरणों में प्रवेश करती हैं, और घाव की सीमाओं पर सूक्ष्मजीवी आक्रमणकारियों से लड़ने के लिए सेना का गठन करती हैं। ऐसा करने वाली पहली कोशिकाएँ जन्मजात प्रतिरक्षा तंत्र की कोशिकाएँ होती हैं। उदाहरण के लिए, वृहदभक्षी कोशिकाएँ और न्यूट्रोफिल रोगजनकों और शरीर की कोशिकाओं के मलबे को साफ़ करने में मदद करते हैं। मैक्रोफेज त्वचीय फाय़ब्रोब्लास्ट को घाव स्थल पर आकर्षित करने के लिए साइटोकाइन्स का भी स्राव करती हैं (देखें **बॉक्स-3**)। ये साइटोकाइन्स क्षतिग्रस्त वाहिकाओं का स्थान लेने के लिए नई रक्त वाहिकाओं को बनाने में मदद करते हैं। इस प्रक्रिया को **एंजियोजेनेसिस** कहते हैं। जन्मजात प्रतिरक्षा के बाद अनुकूली प्रतिरक्षा सक्रिय होती है जिसमें टी और बी लिम्फोसाइट्स शामिल होते हैं। इसके अलावा, घाव स्थल पर सभी प्रतिरक्षा कोशिकाएँ रासायनिक संकेतों (कारकों) का स्राव करती हैं जो उपत्वचीय केराटिनोसाइट्स, त्वचीय

बॉक्स-3 : साइटोकाइन्स और वृद्धि कारक

कोशिकाएँ साइटोकाइन्स नामक रसायन छोड़ती हैं। शब्द 'साइटोकाइन' दो ग्रीक शब्दों के संयोजन से बना है- 'साइटो' का अर्थ सेल और 'काइनोस' का अर्थ गति। ये रसायन प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया में सेल-टू-सेल सम्प्रेषण में मददगार होते हैं और कोशिकाओं को शोथ वाले स्थानों की ओर गति करने को उकसाते हैं। इनमें से कुछ (इन्टररफेरॉन) वायरल संक्रमण के ख़िलाफ़ छोड़े जाते हैं (जैसे INF_{γ})। अन्य **इन्टरल्यूकीन्स** कहलाते हैं जो शोथ को बढ़ावा देते हैं (जैसे IL1)।

वृद्धि कारक साइटोकाइन्स का एक वर्ग है। जैसा कि नाम से पता चलता है, वृद्धि और संख्यावृद्धि का संकेत देते हैं (जैसे TGF- β1, PDGF और FGF)। ये विकासात्मक और पुनर्जनन के संकेतों के जवाब में निर्मित होते हैं।

फ़ायब्रोब्लास्ट और त्वचा स्टेम कोशिकाओं (जो रोमकूपों तथा एपिडर्मिस के अन्य भागों में होती हैं) को सक्रिय करती हैं। घाव स्थल पर स्थानीय तथा बाहर से आई कोशिकाओं (प्रतिरक्षा कोशिकाओं, केराटिनोसाइट्स, फ़ायब्रोब्लास्ट्स, और स्टेम सेल) के बीच रासायनिक संकेतन के माध्यम से वार्तालाप के ज़रिए मरम्मत का अगला चरण शुरू होता है।

(ग) संख्यावृद्धि (Proliferation)

एक बार सक्रिय हो जाने के बाद, फ़ायब्रोब्लास्ट संख्यावृद्धि करते हैं और घाव स्थल की ओर जाते हैं, जहाँ वे ईसीएम (ECM) के घटकों का स्राव करते हैं। ईसीएम में कोलाजेन, फाइब्रोनेक्टिन जैसे प्रोटीन्स और अन्य यौगिक होते हैं जो घाव को भरने के लिए सहायक संरचना बनाने के लिए आवश्यक हैं। पेशीय तन्तु (मायोफ़ायब्रोब्लास्ट, जिन्हें सक्रिय फ़ायब्रोब्लास्ट भी कहते हैं) अपनी फैलने-सिकुड़ने की क्षमता के कारण घाव के क्षेत्र को संकुचित करने में मध्यस्थ बनते हैं, इस प्रक्रिया में ईसीएम के साथ संवाद शामिल होता है।

प्रतिरक्षा कोशिकाएँ और फ़ायब्रोब्लास्ट साइटोकाइन्स का स्राव करते हैं जो उपत्वचीय स्टेम कोशिकाओं को सक्रिय कर देते हैं। इन कारकों में परिवर्तनकारी वृद्धि कारक (TGF-β), केराटिनोसाइट वृद्धि कारक (KGF) और उपत्वचीय वृद्धि कारक (EGF) शामिल हैं। एक बार सक्रिय होने के बाद, अधित्वचीय और रोम पुटिका स्टेम कोशिकाएँ संख्यावृद्धि करती हैं और घाव को बन्द करने के लिए ईसीएम से बने नए जाल की ओर जाने लगती हैं। इस प्रक्रिया, जिसे पुनरुत्वचीकर (**reepithelialization**) कहते हैं, के फलस्वरूप घाव बन्द हो जाता है। चोट वाली जगह पर ऑक्सीजन की कमी, स्थानीय कोशिकाओं को ऐसे रासायनिक संकेत छोड़ने को उकसाती है, जो एंजियोजेनेसिस (नई रक्त वाहिकाओं का निर्माण) शुरू करवाते हैं। वृहदभक्षी कोशिकाएँ और फ़ायब्रोब्लास्ट लैक्टिक एसिड, बायोजेनिक एमाइन, फ़ायब्रोब्लास्ट ग्रोथ फैक्टर (FGF) और वेस्कुलर एंडोथेलियल ग्रोथ फैक्टर (VIGF) जैसे रसायनों का स्राव करके इस प्रक्रिया को बढ़ावा देते हैं। नवगठित ऊतक को नए सिरे से ऑक्सीजन की आपूर्ति के लिए यह प्रक्रिया ज़रूरी है।

(घ) पुनर्निर्माण (Remodeling)

संख्यावृद्धि अवस्था के दौरान फ़ायब्रोब्लास्ट की सक्रियता के परिणामस्वरूप ईसीएम प्रोटीन (जैसे कोलाजेन) का अत्यधिक मात्रा में जमाव हो जाता है। यही चोट के निशान बनने के लिए ज़िम्मेदार है। गम्भीर घाव के मामले में अधिक संख्या में फ़ायब्रोब्लास्ट सक्रिय होते हैं जिसके परिणामस्वरूप निशान अधिक गहरे होते हैं और लम्बे समय तक बने रहते हैं।

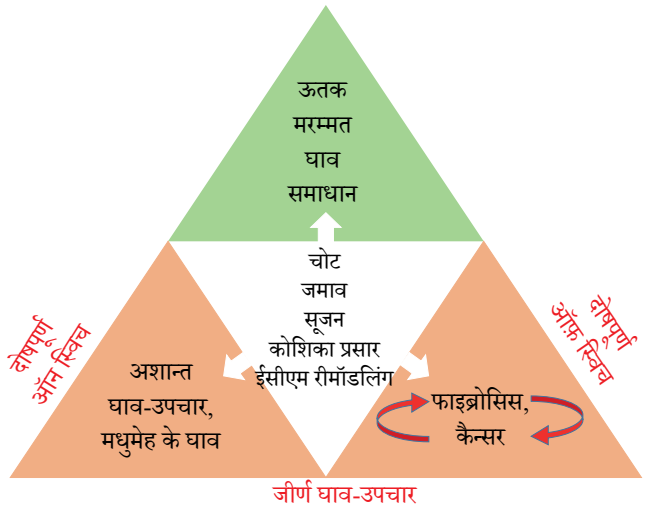
इस चरण की एक विशेषता धात्री मेटालोप्रोटीनों (MMPs) जैसे प्रोटीन विघटनकारी एन्जाइमों की सक्रियता है। एमएमपी अत्यधिक मात्रा में उपस्थित ईसीएम प्रोटीन चबा जाते हैं और रक्त वाहिकाओं और नवगठित कोशिकाओं के लिए जगह बनाते हैं। निशान ऊतक के लुप्त होने में इस एन्जाइम की क्रिया नज़र आती है। इसे पूरा होने में, घाव की गम्भीरता के आधार पर, कुछ महीनों से लेकर कई वर्षों तक लग सकते हैं। उदाहरण के लिए, आपने खरोंच का निशान कुछ दिनों में गायब होते हुए देखा होगा, जबकि किसी गहरे घाव (जैसे सड़क पर गिरने से) के निशान को पूरी तरह से ग़ायब होने में महीनों या वर्षों का समय लग जाता है।

समापन

आज, हमारे पास घाव भरने में सहायता करने के लिए 5000 से अधिक उत्पाद हैं, और भविष्य में काफी सम्भावनाएँ हैं। घाव की मरहम-पट्टी की ऐसी सामग्रियों का विकास जारी है जो लगातार विभिन्न वृद्धिकारक [कोशिका विभाजन और प्रवास (migration) को बढ़ाना देने वाले रसायन] तथा विसंक्रामक (संक्रमण से बचाव के लिए संक्रमण-रोधी रसायन) छोड़ती रहें ताकि घाव के स्वस्थ होने की क्रिया बेहतर हो सके।

अलबत्ता, घाव भरने की प्रक्रिया त्रुटिहीन प्रक्रिया नहीं है (**चित्र-3** देखें)। कुछ मामलों में, मरम्मत की प्रक्रिया शुरू नहीं हो पाती है क्योंकि कुछ कोशिकीय किरदार घाव के संकेतों का प्रत्युत्तर नहीं देते। इसका एक उदाहरण ठीक न होने वाले मधुमेह अल्सर में देखा जाता है – रक्त में शर्करा का उच्च स्तर प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया में भी बाधा उत्पन्न करता है और त्वचा कोशिकाओं की संख्यावृद्धि और प्रवास में भी। उम्र बढ़ने के साथ भी घाव भरने में ज़्यादा समय लग सकता है क्योंकि घाव स्थल पर वृद्धि कारकों का उत्पादन कम हो जाता है। दोनों मामलों में उपचार ऐसे वृद्धिकारक प्रदान करके किया जाता है जो कोशिकाओं के प्राकृतिक घाव-प्रत्युत्तर की नक़ल करते हैं। यह घाव मरम्मत की प्रक्रिया को धक्का मारकर शुरू करता है और नई त्वचा (re-epithelialization) बनाने में मदद करता है।

किसी स्वस्थ शरीर में, जैसे ही घाव भर जाता



चित्र-3 : घाव भरना एक त्रुटि-रहित प्रक्रिया नहीं है।

Credits: Tanay Bhatt, Gaurav Kansagara, Neha Pincha & Colin Jamora. License: CC-BY.Tissue_Repair.jpg. License: CC-BY.

है, घाव स्थल पर एकत्रित कोशिकाएँ पुनः अपने कार्य को सम्पन्न करने में जुट जाती हैं **(homeostasis)**। अलबत्ता, कुछ मामलों में, घाव-भरने सम्बन्धी प्रत्युत्तर तब भी जारी रहता है जब ज़रूरत नहीं रह जाती है। अनुसन्धान से पता चला है कि घाव का गम्भीर निशान क्षतिग्रस्त ऊतक के सामान्य कामकाज में बाधा डाल सकता है (देखें **बॉक्स-4**)। ऐसे मामलों में, अतिक्रियाशील फ़ायब्रोब्लास्ट द्वारा कोलेजन के अत्यधिक स्राव के परिणामस्वरूप फाइब्रोसिस नामक रोग हो सकता है। ब्रोसिस शरीर में विभिन्न अंगों के संयोजी ऊतकों में हो सकता है, जैसे हृदय, यकृत, गुर्दे, फेफड़े आदि। इस स्थिति में सम्बन्धित अंग की संरचना और कार्य का नुक़सान होता है। गम्भीर मामलों में यह मृत्यु का कारण भी बन सकता है। त्वचा के फाइब्रोसिस कई रूपों में प्रकट होते हैं। जैसे केलोइड्स, स्क्लेरोडर्मा और विभिन्न प्रकार के त्वचा कैन्सर।

दिलचस्प बात है कि कुछ प्रोटीन और प्रक्रियाएँ (जैसे शोथ, रक्तवाहिका जनन और फ़ायब्रोब्लास्ट सक्रियण) जो घाव भरने की प्रक्रिया के केन्द्र में हैं, कुछ क़िस्म के कैन्सर में अतिरंजित पाए जाते हैं। इस खोज ने इस परिकल्पना को जन्म दिया है कि कैन्सर एक ऐसा घाव है जो ज़्यादा ही स्वस्थ हो जाता है। घाव भरने और कैन्सर पर समानान्तर शोध दोनों के लिए नए चिकित्सीय लक्ष्य खोलने की क्षमता रख सकता है।

बॉक्स-4 : त्वचा का दाग

अपने कार्यों को कुशलतापूर्वक करने के लिए, त्वचा में स्टेम-कोशिकाओं, रक्त वाहिकाओं, तंत्रिकाओं, बालों और स्वेद ग्रन्थियों की आपूर्ति होती है। त्वचा के ये घटक चोट लगने पर सक्रिय हो जाते हैं और त्वचा को ठीक करने में मदद करते हैं। लेकिन त्वचा की विशेष संरचना के लिए अपनी मूल स्थिति को पूरी तरह से हासिल करना मुश्किल है। तेज़ी से स्वस्थ होने का वैकासिक लाभ संक्रमण और तरलों की क्षति की आशंका को कम करता है, लेकिन यह पूर्ण मरम्मत की क़ीमत पर प्राप्त होता है! इस प्रकार, घाव भरने से अकसर निशान ऊतक (स्कार टिशू) का निर्माण होता है जिसमें स्वस्थ त्वचा जैसी शक्ति और लचीलेपन की कमी होती है।

मुख्य बिन्दु

- हमारे शरीर का सबसे बाहरी सुरक्षात्मक आवरण होने के नाते, त्वचा का विकास एक अद्भुत आत्म-मरम्मत/स्वास्थ्य-लाभ क्षमता के साथ हुआ है।
- त्वचा में घाव भरने के चार चरण होते हैं – रक्त का बहाव रुकना, शोथ, कोशिकाओं की संख्यावृद्धि और पुनर्निर्माण।
- रक्त के थक्के बनने से रक्त का बहना रोका जाता है – यह रक्त की हानि को रोकने के लिए एक त्वरित प्रतिक्रिया है।
- शोथ के दौरान, प्रतिरक्षा कोशिकाएँ संक्रमण के ख़िलाफ़ लड़ने के लिए घाव स्थल में प्रवेश करती हैं।
- संख्यावृद्धि चरण में घाव को भरने के लिए सक्रिय कोशिकाओं का विभाजन और घाव स्थल पर उनका पहुँचना शामिल है।
- पुनर्निर्माण (रीमॉडलिंग) के दौरान, ईसीएम का अत्यधिक जमाव, जो निशान के रूप में दिखाई देता है, हल हो जाता है।
- मधुमेह के कारण घाव सम्बन्धी प्रतिक्रिया में देरी हो सकती है, जबकि घावों की अधिक मरम्मत फाइब्रोसिस/कैन्सर को जन्म दे सकती है।

Note: Image used in the background of the article title – Human skin. Credits: Kowshik Kuri. URL: https://www.flickr.com/photos/kowshikkuri/26739953088/in/photostream/. License: CC-BY.

तनय भट्ट इंस्टीट्यूट फॉर स्टेम सेल साइंस एंड रिजनरेटिव मेडिसिन (इनस्टेम), बेंगलूरु में प्रोफ़ेसर कॉलिन जमोरा के मार्गदर्शन में पीएचडी कर रहे हैं। वे त्वचा स्वास्थ्य लाभ प्रक्रिया को उत्तेजित करने वाले कारकों के बारे में अध्ययन कर रहे हैं। उनसे tanaybhatt123@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

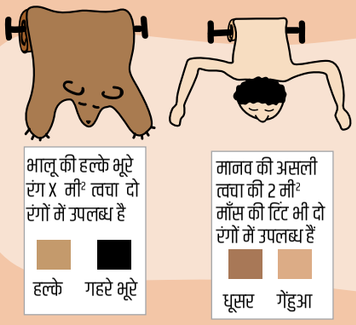
गौरव कंसागरा इनस्टेम स्थित जमोरा प्रयोगशाला में स्नातक के छात्र हैं। वे घाव भरने और त्वचा के फाइब्रोसिस में फ़ायब्रोब्लास्ट सक्रियण के नियमन की जाँच कर रहे हैं। उनसे gauravk.ncbs@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

नेहा पिंचा वर्तमान में यूसीएसएफ, यूएसए में पोस्ट-डॉक्टरल शोध कर रही हैं। उन्होंने कॉलिन जमोरा की देखरेख में पीएचडी पूरी की, जहाँ उन्होंने एक नवीन क्रियाविधि की खोज की, जिसके द्वारा मास्ट कोशिकाएँ त्वचा के फाइब्रोसिस के विकास में योगदान करती हैं। उनसे npincha@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

कॉलिन जमोरा बेंगलूरु के इनस्टेम में प्रोफ़ेसर हैं। वे शोथ और ऊतक हीमोस्टेसिस केन्द्र के समन्वयक हैं। उनकी प्रयोगशाला उन क्रियाविधियों को स्पष्ट करने का काम करती है जो घाव भरने की प्रतिक्रिया में काम करते हैं, और इस प्रक्रिया में गड़बड़ होने पर उत्पन्न होने वाली बीमारियों का अध्ययन करते हैं। उनसे colinj@instem.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर** : कामिनी उपाध्याय

मानव त्वचा के बारे में 9 रोचक बातें जो शायद आप नहीं जानते

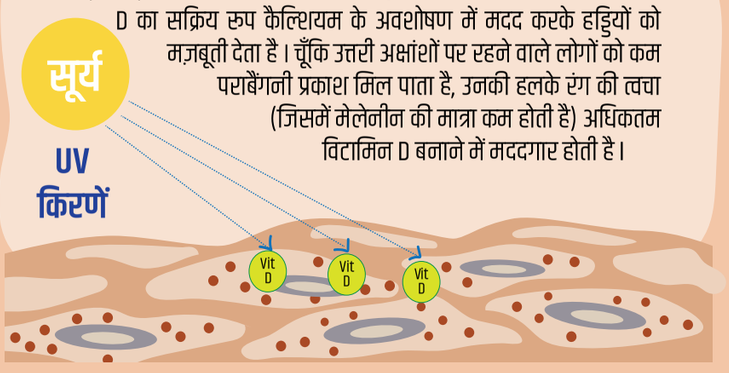


1. एक सामान्य व्यक्ति की त्वचा का क्षेत्रफल ~ 2 मी.² होता है, और यह शरीर के भार का लगभग 15% होती है।

2. त्वचा हर जगह एक समान रूप से पतली नहीं होती है जैसा कि हम सोचते हैं! उदाहरण के लिए हमारी पलकों की त्वचा मात्र 0.2-0.5 मिमी मोटी होती है लेकिन हमारी हथेलियों और तलवों की त्वचा 1.4 मिमी तक मोटी होती है। (चलने और चीज़ों को कसकर पकड़ने की वजह से होने वाली टूट-फूट के लिए)

3. त्वचा का रंग मेलेनीन नामक रंजक की वजह से होता है जिसे त्वचा की सबसे बाहरी परत में मेलेनोसाइट नामक कोशिकाएँ बनाती हैं। 20,000 में से एक व्यक्ति में अल्बिनिज़्म नामक आनुवांशिक स्थिति पाई जाती है। इन लोगों को त्वचा कैंसर का भारी जोख़िम होता है क्योंकि इनमें ऐसे उत्परिवर्तन पाए जाते हैं जो मेलेनीन के उत्पादन को रोक देते हैं। जब यह रंजक बनाने वाली कोशिकाएँ शरीर के मात्र कुछ हिस्सों में मर जाती हैं या काम करना बन्द कर देती हैं तो त्वचा पर सफ़ेद दाग़ बन जाते हैं - इस स्थिति को विटिलिगो कहते हैं।

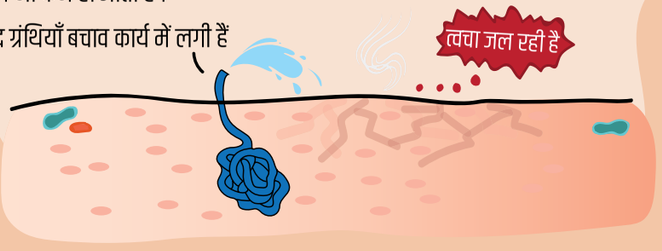
4. त्वचा वह जगह है जहाँ विटामिन D का सक्रिय-पूर्व रूप पराबैंगनी (UV-B) किरणों के सम्पर्क में आकर सक्रिय रूप में बदल जाता है। विटामिन D का सक्रिय रूप कैल्शियम के अवशोषण में मदद करके हड्डियों को मज़बूती देता है। चूँकि उत्तरी अक्षांशों पर रहने वाले लोगों को कम पराबैंगनी प्रकाश मिल पाता है, उनकी हलके रंग की त्वचा (जिसमें मेलेनीन की मात्रा कम होती है) अधिकतम विटामिन D बनाने में मददगार होती है।



5. त्वचा में पुनरुद्भवन की जादुई क्षमता होती है, एक वयस्क व्यक्ति प्रति मिनट लगभग 30,000-40,000 कोशिकाएँ गँवा देता है, साल में लगभग 4 किलोग्राम! किसी चोट या संक्रमण की स्थिति के अलावा हमारी त्वचा की बाहरी परत हर 4 हफ़्ते में पूरी प्रतिस्थापित हो जाती है।

6. त्वचा ताप नियंत्रक (थर्मोस्टैट) की तरह काम करती है; यह शरीर के तापमान को रक्त और पसीने जैसे तरल पदार्थों की मदद से नियंत्रित करती है। उदाहरण के लिए, जब आपको गर्मी लगती है, स्वेद ग्रन्थियों से पसीना निकलता है जो वाष्पीकरण करके शरीर को ठण्डा करने में मदद करता है। त्वचा में उपस्थित रक्त वाहिनियाँ फैलती हैं जिससे रक्त संचार बढ़ता है, चालन द्वारा गर्म रक्त से ठण्डी हवा में ऊष्मा का स्थानान्तरण होता है।

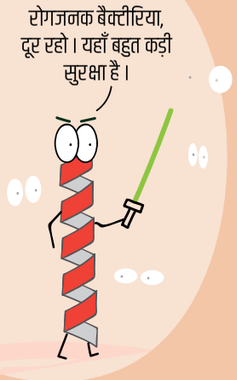
इसके विपरीत जब आपको ठण्ड लगती है त्वचा की रक्त वाहिनियाँ सिकुड़ जाती हैं, त्वचा की ऊपरी सतह पर रक्त का बहाव कम हो जाता है और शरीर से होने वाले ऊष्मा की हानि भी कम हो जाती है।



7. अचानक ठण्डी हवा के सम्पर्क में आने से रोंगटे खड़े हो जाते हैं। त्वचा में हर एक बाल से जुड़ी एक माँसपेशी (जिसे एरेक्टर पिलाई कहते हैं) त्वचा की सतह पर एक ढलान बनाती है जिससे त्वचा के बाल खड़े हो जाते हैं। यह प्रवृत्ति हमें अपने जन्तु पूर्वजों से विरासत में प्राप्त हुई है। उनमें बालों के खड़े होने के साथ-साथ त्वचा के आसपास कुचालक हवा की मात्रा भी बढ़ जाती है। किन्तु हमारे पास बालों का आवरण नहीं है, रोंगटे खड़े होने का ज़्यादा फ़ायदा भी नहीं है।

8. अपने आस-पास के नज़दीकी वातावरण को भाँपने के लिए त्वचा में तंत्रिकाओं का व्यापक जाल होता है जो ताप, दाब, स्पर्श और दर्द संवेदीग्राहियों से जुड़ा होता है। क्या होगा यदि हम दर्द की संवेदना गँवा दें? कुछ लोग एक दुर्लभ बीमारी आनुवंशिक संवेदी और ऑटोनोमिक न्यूरोपेथी IV से ग्रसित होते हैं; उन्हें दर्द, ताप और ठण्ड का एहसास नहीं होता है। ऐसे लोगों में स्वयं को हानि पहुँचाने की सम्भावना बहुत अधिक होती और इनकी जल्दी मृत्यु हो जाने का ख़तरा भी रहता है।

9. त्वचा 1000 से भी ज़्यादा प्रजातियों के बैक्टीरिया, कवकों और विषाणुओं का घर है जिन्हें सम्मिलित रूप से माइक्रोबायोटा (सूक्ष्मजीव संसार) कहते हैं। उदाहरण के लिए हमारी त्वचा पर प्रति वर्ग इंच 5 करोड़ तक बैक्टीरिया पाए जाते हैं; किसी तैलीय त्वचा जैसे चेहरे पर तो 50 करोड़ प्रति वर्ग इंच तक हो सकते हैं। हमारी त्वचा विशिष्ट जीवाणु पेराइड्स बनाती है जो रोगजनक बैक्टीरिया को मार देते हैं जबकि अच्छे बैक्टीरिया को छोड़ देते हैं। कुछ वैज्ञानिकों का दावा है कि ये अच्छे बैक्टीरिया उस दौर में हमारे पूर्वजों को संक्रमण से बचाते थे जब वे रोज़ नहीं नहाते थे।



रचनाकार :
तनय भट्ट, गौरव कंसागरा और **नेहा पिंचा** इनस्टेम बेंगलूरु में स्थित प्रोफेसर कॉलिन जमोरा की प्रयोगशाला में अपनी पीएचडी कर रहे हैं। जमोरा प्रयोगशाला त्वचा में घाव संवेदन और फाइब्रोसिस का अध्ययन कर रही है।

अनुवाद : अर्पिता पाण्डेय **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

हिग्स-बोसॉन क्या है और इसकी खोज से इतनी खलबली क्यों है?

सुभाष कुमार

हिग्स-बोसॉन क्या है? विज्ञान की दुनिया इसकी खोज के प्रति इतनी उत्साहित क्यों है? इसके गुणधर्म क्या हैं? सैद्धान्तिक भौतिकी पर इस खोज का क्या प्रभाव पड़ा है?

4 जुलाई, 2012 को यूरोपियन नाभिकीय अनुसन्धान संगठन (CERN) के वैज्ञानिकों ने एक महत्त्वपूर्ण घोषणा की – उन्होंने एक ऐसा कण खोज लिया है जिसके गुणधर्म छकाने वाले हिग्स-बोसॉन के अनुमानित गुणधर्मों के समान हैं। इस कण पर उनके काम के लिए 8 अक्टूबर, 2013 को पीटर हिग्स और फ्रेंकोइस एंगलर्ट को भौतिकी में नोबेल पुरस्कार दिया गया (देखें **चित्र-1**)। यह दो घटनाएँ पीढ़ियों से चली आ रही लम्बी खोज के समापन का जश्न थीं, जिसमें प्रयोगों की शृंखला और दुनिया के सबसे बड़े और सबसे शक्तिशाली कण त्वरक (एक्सीलरेटर) - लार्ज हैड्रॉन कोलाइडर (LHC) का निर्माण शामिल है।

हिग्स-बोसॉन की कल्पना

हिग्स-बोसॉन की खोज भौतिकी के एक मूलभूत प्रश्न के उत्तर की तलाश का एक हिस्सा थी; सवाल था – पदार्थ क्या है? विज्ञान की पाठ्यपुस्तकें इसे, सीधे-सादे ढंग से द्रव्यमान और आयतन युक्त वस्तु के रूप में परिभाषित करती हैं। उदाहरण के लिए,

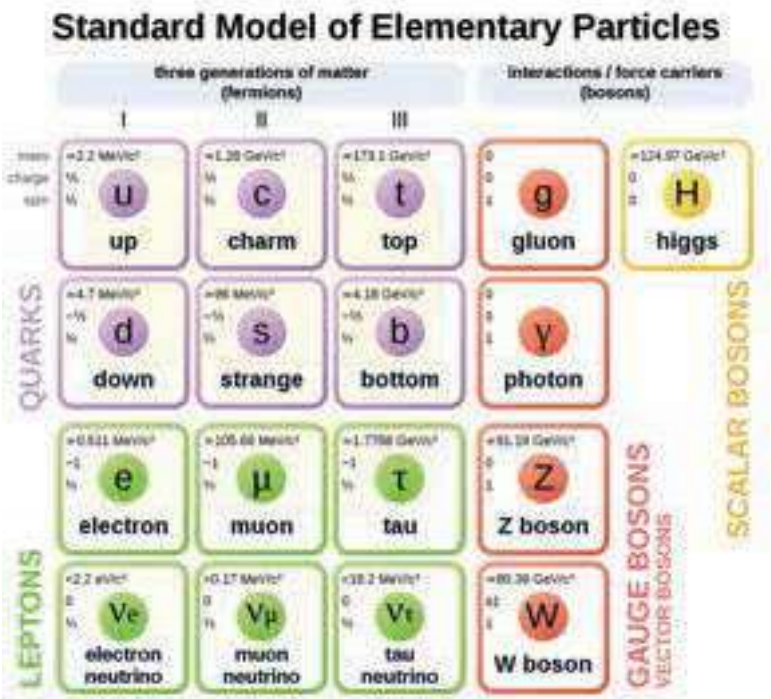
चित्र-1 : हिग्स-बोसॉन पर उनके काम के लिए दो वैज्ञानिकों को भौतिकी में नोबेल पुरस्कार (2013) से सम्मानित किया गया (क) पीटर हिग्स **(ख)** फ्रेंकोइस एंगलर्ट।

Credits: Bengt Nyman, Wikimedia Commons. URL for (a): https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nobel_Prize_24_2013.jpg, and (b): https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nobel_Prize_31_2013.jpg. License: CC-BY.

वस्तुओं में द्रव्यमान होता है, इसे आप किसी वस्तु पर बल लगाने की कोशिश करने पर एक प्रतिरोध के रूप में महसूस करते हैं। लेकिन पदार्थ किससे बना होता है, और वह कहाँ से आता है? यह कुछ ऐसे सवाल हैं जिनसे वैज्ञानिक सदियों से जूझ रहे हैं।

1970 के दशक तक, भौतिकविदों ने गणितीय समीकरणों को, एक परिष्कृत सैद्धान्तिक मॉडल – **तथाकथित स्टैण्डर्ड मॉडल** – में पिरोना शुरू कर दिया था (देखें **चित्र-2**) ताकि पदार्थ की मूलभूत इकाइयों (देखें **बॉक्स-1**) और उनकी अन्तर्क्रियाओं को प्रभावित करने वाले चार मौलिक बलों में से तीन (देखें **बॉक्स-2**) की व्याख्या की जा सके।[1] गुरुत्वाकर्षण फ़िलहाल इस स्टैण्डर्ड मॉडल का हिस्सा नहीं है। वास्तव में, अन्य तीन मौलिक बलों के साथ गुरुत्वाकर्षण का एकीकरण भौतिकी में एक लम्बित और खुली समस्या है (देखें **बॉक्स-3**)।

आज, स्टैण्डर्ड मॉडल को काफ़ी हद तक स्वसंगत पाया गया है, और इसके कई प्रायोगिक पूर्वानुमानों को सत्यापित किया जा चुका है। हालाँकि, इसके विकास के शुरुआती दौर में, भौतिकविदों को इसमें एक समस्या दिखी – जब मॉडल को नाभिकीय अन्तर्क्रिया पर लागू किया जाता और यदि इसके सभी मूलभूत कणों में निहित द्रव्यमान था, तो इस मॉडल के समीकरण असंगत पाए जाते (देखें **बॉक्स-4**)। इस 'विरोधाभास' को दो में से किसी एक तरीक़े से हटाया जा सकता है। यदि हम मानें कि सभी



चित्र-2 : स्टैण्डर्ड मॉडल बुनियादी कणों को क्रमबद्ध और वर्गीकृत करने के लिए एक रूपरेखा प्रदान करता है।

Credits: MissMJ, PBS NOVA, Fermilab, Office of Science, United States Department of Energy, Particle Data Group, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Standard_Model_of_Elementary_Particles.svg. License: CC-BY.

बुनियादी कणों (फोटॉन सहित) में निहित द्रव्यमान होता है, तो स्टैण्डर्ड मॉडल वैध नहीं होगा (गणितीय शब्दों में, इसके कुछ मुख्य पूर्वानुमान अनन्त विचलन दर्शाएँगे)। दूसरी ओर, यदि स्टैण्डर्ड मॉडल सही है, तो इसका मतलब होगा कि

बॉक्स-1 : बुनियादी कण पदार्थ के 'अविभाज्य' बिल्डिंग ब्लॉक्स हैं

शुरुआत में परमाणुओं को अविभाज्य माना जाता था, लेकिन अब हम जानते हैं कि परमाणु इलेक्ट्रॉन्स, न्यूट्रॉन्स और प्रोटॉन्स से मिलकर बना होता है। 1940 के दशक के अन्त तक, इस तरह के कई अन्य कणों की खोज हो चुकी थी। 1964 में, भौतिकविदों म्यूरे गेल-मान और जॉर्ज ज़्वेग ने स्वतंत्र रूप से सुझाव दिया कि उप-परमाण्विक कण, जिन्हें हैड्रॉन कहते हैं, 'बुनियादी' कण नहीं हैं। इसकी बजाय, वे अकसर अन्य छोटे उप-परमाण्विक कणों (क्वार्क) के संयोजन से बने होते हैं।

चूँकि सभी पदार्थों में परमाणु होते हैं, अत: समस्त भौतिक ब्रह्माण्ड के निर्माण के लिए तीन उप-परमाण्विक कण ही पर्याप्त होंगे – इलेक्ट्रॉनों के साथ अप और डाउन क्वार्क (क्वार्क के छह फ़्लेवर में से दो, जो मिलकर प्रोटॉन और न्यूट्रॉन बनाते हैं)। लेकिन, इस समय तक भौतिकविदों को 12 उप-परमाण्विक कणों के बारे में पता चल चुका था और इस बात का कोई अन्दाज़ा नहीं था कि इस तरह के और कितने कणों की खोज होना बाक़ी है। तो यह सवाल स्वाभाविक था – ये अन्य कण क्या करते हैं?

आप स्टैण्डर्ड मॉडल को इन बुनियादी कणों की आवर्त सारणी के रूप में समझ सकते हैं। यह उनके घूर्णन [(spin) एक निहित कोणीय संवेग जो माना जाता है कि सभी बुनियादी कणों में होता है] के आधार पर उन्हें क्रमबद्ध करने और वर्गीकृत करने के लिए एक ढाँचा प्रदान करता है। किसी भी बुनियादी कण का घूर्णन एक विमा-रहित संख्या होती है, जिसकी गणना इसके कोणीय संवेग और संशोधित प्लैंक स्थिरांक (h/2) के अनुपात के रूप में की जाती है।

स्टैण्डर्ड मॉडल के वर्तमान संस्करण के अनुसार, सभी बुनियादी कण दो प्रकार के होते हैं – फ़र्मियान (अर्ध-पूर्णांक घूर्णन के साथ) और बोसॉन (शून्य या पूर्णांक घूर्णन के साथ)। फ़र्मियान को 'पदार्थ कणों' जबकि बोसॉन को 'बल कणों' के रूप में माना जाता है। दूसरे शब्दों में, सभी पदार्थ फ़र्मियान से बने होते हैं जबकि बोसॉन पदार्थ-कणों के बीच बल को संचारित करते हैं। माना जाता है फ़र्मियान 12 प्रकार के होते हैं- छह लेप्टान (जो प्रबल नाभिकीय अन्तर्क्रिया में भाग नहीं लेते हैं) और छह क्वार्क (जो नाभिकीय अन्तर्क्रिया में भाग लेते हैं)। इसके अलावा, प्रत्येक फ़र्मियान में समान द्रव्यमान (लेकिन बराबर और विपरीत आवेश) वाला एक प्रति-कण होता है। दूसरी ओर, बोसॉन पाँच प्रकार के माने जाते हैं – एक बोसॉन (फोटॉन) विद्युत चुम्बकीय फ़र्मियान अन्तर्क्रिया को संचारित करता है। तीन बोसॉन (W-प्लस, W-माइनस और Z-नॉट के नाम से जाने जाते हैं), दुर्बल अन्तर्क्रिया को संचारित करते है। और आठ बोसॉन (जिन्हें ग्लूआन कहते हैं) प्रबल नाभिकीय अन्तर्क्रिया संचारित करते हैं।

आवर्त सारणी की तरह ही, स्टैण्डर्ड मॉडल भी कुछ बुनियादी कणों (जिन्हें अभी तक खोजा नहीं गया है) की भविष्यवाणी की अनुमति देता है। उदाहरण के लिए, यह एक बोसॉन (ग्रेविटॉन) के अस्तित्व की भविष्यवाणी करता है , जिसके बारे में माना जाता है कि वह गुरुत्वाकर्षण सम्बन्धी अन्तर्क्रिया का मध्यस्थ है।

बॉक्स-2 : मूलभूत बल बुनियादी कणों के बीच अन्तर्क्रियाओं को शक्ल देते हैं

सभी पदार्थ, चाहे वह उप-नाभिकीय स्तर के हों या खगोलीय पैमाने के, क्वार्क और लेप्टान जैसे बिल्डिंग ब्लॉक्स की अन्तर्क्रिया से उत्पन्न होते हैं। ये अन्तर्क्रियाएँ चार मौलिक बलों द्वारा संचारित की जाती हैं :

- **प्रबल नाभिकीय बल :** यह केवल क्वार्क पर कार्य करता है, यह उन्हें आपस में बाँधकर प्रोटॉन और न्यूट्रॉन बनाता है। यह परमाणु नाभिक के भीतर प्रोटॉन और न्यूट्रॉन को भी बाँधता है।
- **विद्युत चुम्बकीय बल :** यह सभी बलों में सबसे अच्छी तरह से समझा गया है। यह परमाणुओं के भीतर ऋण आवेशित इलेक्ट्रॉनों को धन आवेशित नाभिक से बाँधता है। यह स्थूल पदार्थ बनाने के लिए परमाणुओं के बीच बन्धन का भी मध्यस्थ है।
- **दुर्बल बल :** यह क्वार्क और लेप्टान पर कार्य करता है। यह बीटा क्षय के द्वारा प्रोटॉन को न्यूट्रॉन में बदलने के अलावा कई नाभिकीय क्रियाओं के लिए ज़िम्मेदार है जो सूर्य और अन्य सितारों को ऊर्जा देती हैं।
- **गुरुत्वाकर्षण :** पदार्थ के बड़े स्वरूप का सबसे प्रमुख बल है। यह सितारों और आकाशगंगाओं के रूप में पदार्थ के एकत्रीकरण को नियंत्रित करता है, और इस बल ने ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति से चले आ रहे इसके विकास को प्रभावित किया है।

विद्युत-चुम्बकीय बल और गुरुत्वाकर्षण, स्थूल स्तर पर अपने प्रभावों के लिए अच्छी तरह से पहचाने जाते हैं, जबकि प्रबल और दुर्बल बल केवल उप-नाभिकीय पैमानों पर काम करते हैं।

बॉक्स-3 : गुरुत्वाकर्षण को सापेक्षता के सामान्य सिद्धान्त द्वारा समझाया गया है

सर्वप्रथम 1915 में अल्बर्ट आइंस्टाइन द्वारा प्रकाशित सापेक्षता के इस सिद्धान्त में गुरुत्वाकर्षण का वर्णन स्पेस-टाइम की वक्रता के रूप में किया गया है जो सीधे उसके भीतर मौजूद पदार्थ और ऊर्जा के वितरण से निर्धारित होता है। कई अलग-अलग प्रेक्षणों ने इस सिद्धान्त को उल्लेखनीय रूप से सटीक दर्शाया है। उदाहरण के लिए, सितम्बर 2015 में, गुरुत्वाकर्षण तरंगों को पहली बार सीधे देखा गया था – सामान्य सापेक्षता के सिद्धान्त द्वारा इनके अस्तित्व की भविष्यवाणी के ठीक 100 साल बाद। इसी तरह, 2019 में धरती पर लगे आठ रेडियो टेलीस्कोपों के एक ग्रहीय पैमाने के ताने-बाने द्वारा ब्लैक होल की एक तस्वीर खींची गई। यह खोज इस सिद्धान्त के इस पूर्वानुमान का समर्थन करती है कि ब्लैक होल भारी सितारों की अन्तिम-अवस्था है।

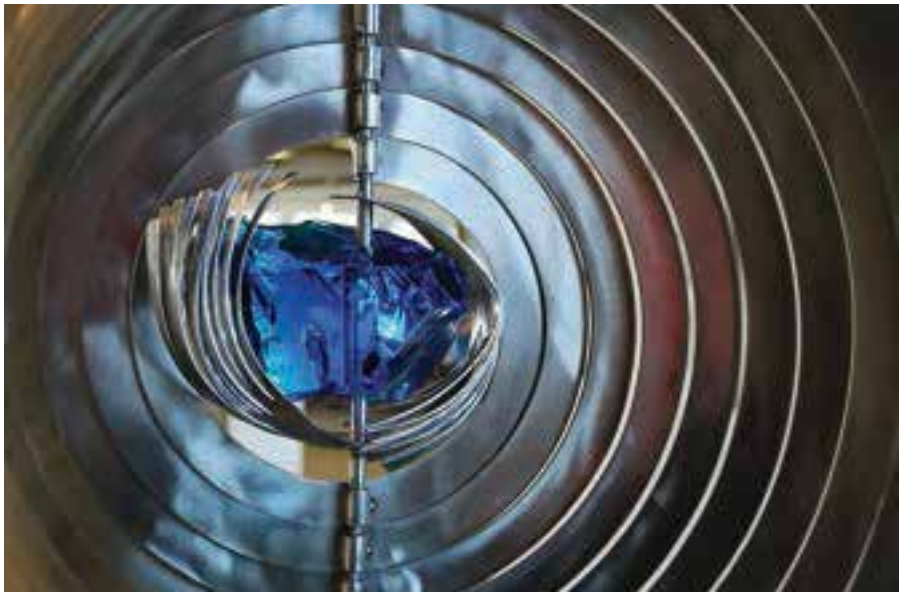
दुर्बल अन्तर्क्रियाओं में मध्यस्थता करने वाले बोसॉन सहित सभी बुनियादी कण, निहित रूप से द्रव्यमान-विहीन होंगे। इस स्थिति में मॉडल को इनके 'प्रेक्षित' द्रव्यमानों को समझाने के लिए कोई व्यवस्था तैयार करनी होगी (देखें **बॉक्स-5**)।

1960 के दशक की शुरुआत में, योइचिरो नाम्बु और फ़िलिप एण्डरसन जैसे भौतिकविदों ने सुझाव दिया था कि कतिपय परिस्थितियों में 'कुछ' बुनियादी कण द्रव्यमान 'हासिल' कर सकते हैं। अलबत्ता शोधकर्त्ताओं के तीन स्वतंत्र समूहों (रॉबर्ट ब्राउट और फ्रेंकोइस एंगलर्ट; पीटर हिग्स; और गेराल्ड गुरलनिक, कार्ल हेगन और टॉम किबल) के काम की वजह से नव-विकसित स्टैण्डर्ड मॉडल बचा रहा। 1964 में (लगभग एक साथ) प्रकाशित शोधपत्रों में, इन समूहों ने प्रस्तावित किया कि मूलभूत कणों का निर्माण द्रव्यमान-विहीन होता है। अलबत्ता, यदि वह **हिग्स क्षेत्र** नामक एक परिकल्पित, सर्वव्यापी 'क्षेत्र' के साथ अन्तर्क्रिया करें, तो यह कण अपना 'प्रेक्षित' द्रव्यमान प्राप्त कर सकते हैं, जिसके बारे में माना जाता था कि वह पूरे ब्रह्माण्ड में फैला है (देखें **बॉक्स-6**)। इन शोधकर्त्ताओं ने **हिग्स क्रियाविधि** (पीटर हिग्स के नाम पर) नामक एक क्रियाविधि का भी सुझाव दिया, जो मूलभूत कणों को उनका प्रेक्षित द्रव्यमान दे सकती है (देखें **बॉक्स-7**)।

तरंग-कण द्वैत की अवधारणा के अनुसार (देखें **बॉक्स-8**), सभी क्षेत्रों में उनके साथ जुड़ा एक मूलभूत कण होना चाहिए। इस प्रकार, स्टैण्डर्ड मॉडल द्वारा पेश की गई योजना, एक विशेष बोसॉन – हिग्स-बोसॉन, के अस्तित्व को आवश्यक बना देती है (देखें **बॉक्स-9**)। दूसरे शब्दों में, हिग्स-बोसॉन को हिग्स क्षेत्र के क्वाण्टम उत्तेजन के द्योतक के रूप में समझा जा सकता है। इसलिए, इस

बॉक्स-4 : जब हम कहते हैं कि एक बुनियादी कण जितनी छोटी किसी चीज़ में द्रव्यमान होता है, तो इसका मतलब क्या है?

किसी मूलभूत कण के आन्तरिक द्रव्यमान को इसके **विराम द्रव्यमान** के रूप में जाना जाता है। शून्य विराम द्रव्यमान वाले कणों को द्रव्यमान-विहीन कहा जाता है। किसी मिश्र कण (जैसे प्रोटॉन जो क्वार्क से बना होता है) के द्रव्यमान की गणना उसके प्रत्येक संघटक के विराम द्रव्यमान, गति की गतिज ऊर्जा, और उनकी अन्तर्क्रिया की स्थितिज ऊर्जा का उपयोग करके की जा सकती है। अलबत्ता, वास्तव में इलेक्ट्रॉन जैसा कोई बुनियादी कण, अपना विराम द्रव्यमान कैसे प्राप्त करता है यह द्रव्यमान की उत्पत्ति का मुख्य सवाल है।[2] यह वह द्रव्यमान है जो बुनियादी कणों की सर्वव्याप्त हिग्स क्षेत्र के साथ अन्तर्क्रिया के लिए उत्तरदायी है।



बॉक्स 5 : सभी बुनियादी कणों का 'प्रेक्षण' इस अर्थ में नहीं किया जाता है, कि उनमें आन्तरिक द्रव्यमान होता है

सभी फ़र्मियान (द्रव्यमान कण) और दुर्बल अन्तर्क्रियाओं में मध्यस्थता करने वाले बोसॉन, ऐसे व्यवहार करते हैं मानो उनमें आन्तरिक द्रव्यमान हो। दूसरी ओर, जैसे फोटॉन, ग्लूआन और (अभी भी परिकल्पित) ग्रेविटॉन जैसे अन्य बोसॉन ऐसे व्यवहार करते हैं मानो वे द्रव्यमान रहित हों।

बॉक्स-6 : हिग्स क्षेत्र क्या है?

हिग्स क्षेत्र एक सर्वव्यापी क्षेत्र है, जो पूरे ब्रह्माण्ड में मौजूद है। भौतिकी में, एक 'क्षेत्र' को स्पेसटाइम में एक इलाके के रूप में परिभाषित किया गया है जिसका प्रत्येक बिन्दु एक निश्चित प्रकार की अन्तर्क्रिया से प्रभावित होता है। इस प्रकार, हिग्स क्षेत्र का प्रत्येक कण इसके साथ होने वाली अन्तर्क्रिया से प्रभावित होता है।

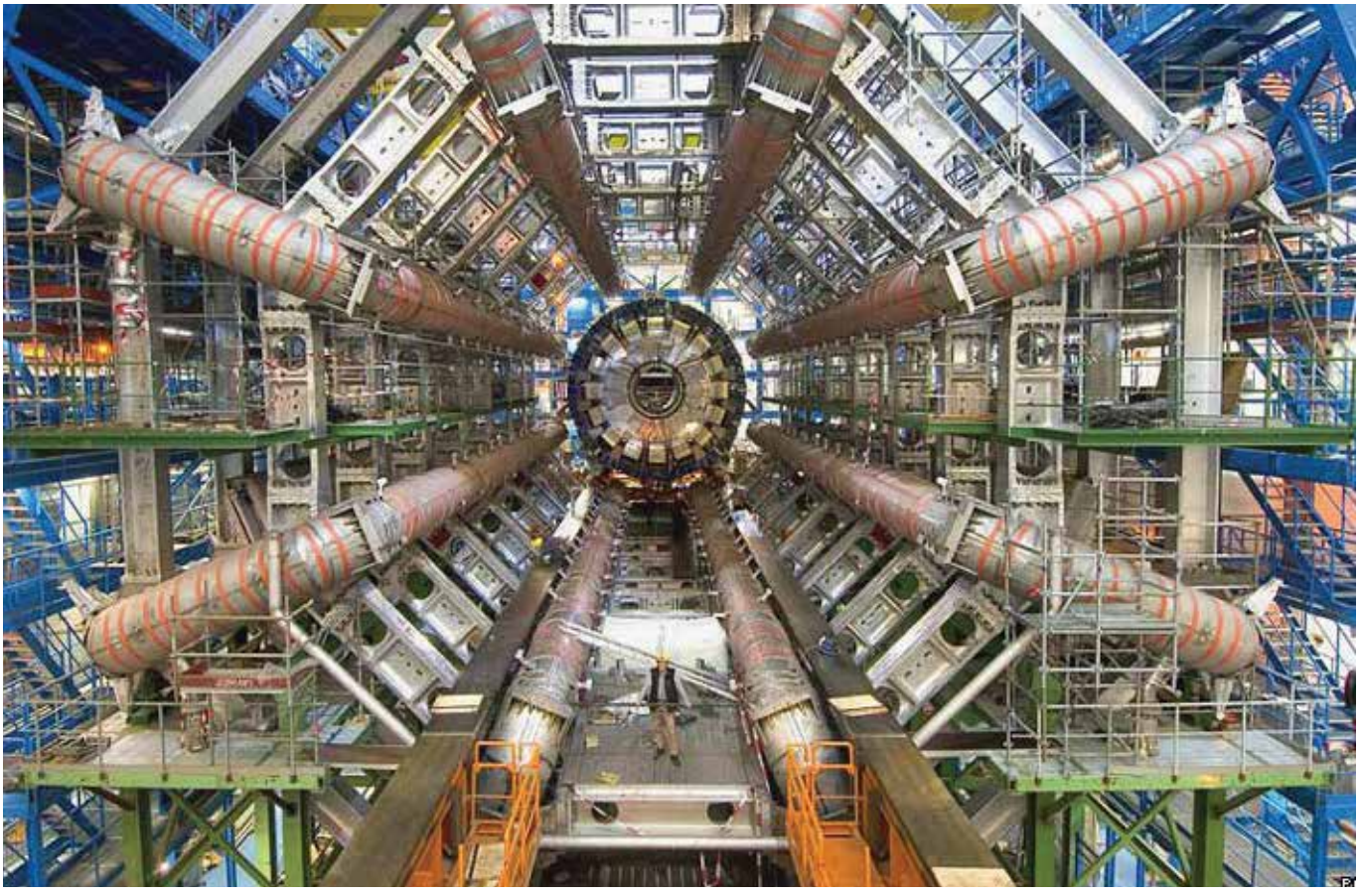
इस क्षेत्र के साथ अन्तर्क्रिया करने वाले कण द्रव्यमान प्राप्त करते हैं; जो अन्तर्क्रिया नहीं करते, वे द्रव्यमान-विहीन रहते हैं। अन्तर्क्रिया जितनी प्रबल होगी, कण द्वारा प्राप्त द्रव्यमान उतना ही अधिक होगा। अलबत्ता, ऐसा लगता है कि इस अन्तर्क्रिया की शक्ति बुनियादी कण के आकार या आकृति पर निर्भर नहीं करती है। उदाहरण के लिए, टॉप क्वार्क हिग्स क्षेत्र के साथ बहुत प्रबलता से अन्तर्क्रिया करता है, इसलिए वह भारी आन्तरिक द्रव्यमान प्राप्त करता है।

क्षेत्र के अस्तित्व को केवल हिग्स-बोसॉन का पता लगाकर सिद्ध किया जा सकता है।

हिग्स-बोसॉन की खोज

2008 में CERN फ्रांस में लार्ज हैड्रॉन कोलाइडर (LHC) का निर्माण किया गया था। इसका एक महत्त्वपूर्ण लक्ष्य यह पता लगाना था कि क्या हिग्स-बोसॉन का अस्तित्व है, और यदि है तो उसकी पहचान करना। LHC में, हैड्रोन (जैसे प्रोटॉन) के दो पुंजों को लगभग प्रकाश की गति से चलाते हुए एक-दूसरे से टकराने के लिए मज़बूर किया जाता है, जिससे भारी मात्रा में ऊर्जा निकलती है। इस ऊर्जा का उपयोग फ़ौरन तमाम क़िस्म के मौलिक कणों के निर्माण में किया जाता है, जिनकी प्रकृति प्रत्येक टक्कर में भिन्न-भिन्न हो सकती है (देखें **चित्र-3**)।

चूँकि हिग्स-बोसॉन काफ़ी भारी होता है (प्रोटॉन की तुलना में ~ 130 गुना भारी), केवल LHC जैसे नवीनतम पीढ़ी के कोलाइडर में इसे पैदा करने के लिए पर्याप्त ऊर्जा होगी। वैज्ञानिकों को उम्मीद थी कि टकराने वाले प्रोटॉन की गति जितनी अधिक होगी, टकराव पर निकलने वाली ऊर्जा की मात्रा उतनी ही अधिक होगी और तब इसकी सम्भावना अधिक होगी कि हिग्स-बोसॉन बाहर फेंका जाए। हालाँकि, वे जानते थे कि अगर हिग्स-बोसॉन पैदा हो भी जाता है, तो भी इसका पता लगाना बहुत मुश्किल होगा। अव्वल तो, दो हैड्रॉनों के टकराने से एक हिग्स-बोसॉन के उत्पन्न होने की सम्भावना बेहद कम है – प्रत्येक दस ख़रब घटनाओं में से लगभग 1। इसका मतलब यह है कि ठीक-ठाक विश्वसनीयता से हिग्स-बोसॉन पैदा होने के लिए बहुत बड़ी संख्या में टक्करों की आवश्यकता होगी। दूसरे, इसकी उच्च



चित्र-3 : CERN में लार्ज हैड्रोन कोलाइडर।

Credits: CERN. URL: https://www.flickr.com/photos/11304375@N07/2046228644. License: CC-BY.

बॉक्स-7 : 'हिग्स' क्रियाविधि (मेकेनिज़्म) को कई नामों से जाना जाता है

शोधकर्त्ताओं के तीन समूहों ने एण्डरसन के पिछले काम के आधार पर हिग्स क्षेत्र और हिग्स क्रियाविधि के अस्तित्व का सुझाव दिया था, लेकिन उन्होंने इस तक पहुँचने के लिए तीन अलग-अलग तरीक़ों का इस्तेमाल किया था। हालाँकि ब्राउट और एंगलर्ट ने अपना पर्चा पहले प्रकाशित किया था, लेकिन पीटर हिग्स के मॉडल ने सबसे सरल और सबसे सीधा तर्क पेश किया। इस प्रकार, हिग्स क्रियाविधि को ब्राउट-एंगलर्ट-हिग्स क्रियाविधि या एंगलर्ट-ब्राउट-हिग्स-गुरलनिक-हेगन-किबल क्रियाविधि भी कहा जाता है। हालाँकि, पीटर हिग्स, ABEGHHK'tH क्रियाविधि कहते हैं जो इसमें योगदान देने वाले भौतिकविदों एण्डरसन, ब्राउट, एंगलर्ट, गुरलनिक, हेगन, हिग्स, किबल, और 'टी हूफ़्ट – जिन्होंने इसमें योगदान दिया है, के काम को मान्यता देता है। गेरार्डस के टी हूफ़्ट एक डच सैद्धान्तिक भौतिक वैज्ञानिक थे जिन्हें दुर्बल विद्युतीय (इलेक्ट्रोवीक) अन्तर्क्रिया की हमारी समझ में योगदान के लिए 1999 में भौतिकी में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था।

ऊर्जा को देखते हुए, हिग्स-बोसॉन बेहद अस्थिर प्रकृति का होने का पूर्वानुमान था। यदि यह पैदा हुआ भी, तो इसका लगभग तुरन्त अन्य प्रकार के बुनियादी कणों में क्षय हो जाएगा – जैसे फोटॉन (विद्युत चुम्बकीय बल), W-बोसॉन (दुर्बल बल), और लेप्टान (प्रबल बल)। इसका मतलब है कि हम केवल इसके क्षय उत्पादों के मापन के माध्यम से अप्रत्यक्ष रूप से

बॉक्स-8 : तरंग-कण द्वैत क्वाण्टम यांत्रिकी की एक मौलिक अवधारणा है

मैक्स प्लैंक, लुई डी ब्रोगली, अल्बर्ट आइंस्टाइन, आर्थर कॉम्पटन, नील्स बोहर और कई अन्य लोगों ने दिखाया है कि सभी पदार्थ (या प्रत्येक कण) तरंग प्रकृति प्रदर्शित करते हैं, और सभी तरंगें कण प्रकृति भी दर्शाती हैं। उदाहरण के लिए, कैथोड रे ट्यूब में एक इलेक्ट्रॉन की गति को इसकी कण-प्रकृति के आधार पर सबसे अच्छा समझाया जा सकता है। इसके विपरीत, एक परमाणु के अन्दर इसकी गति को इसकी तरंग-प्रकृति के रूप में सबसे अच्छी तरह से वर्णित किया जा सकता है। इस प्रकार, किसी इलेक्ट्रॉन (या किसी भी क्वाण्टम-पैमाने की वस्तु) के व्यवहार का पूरा विवरण दोनों क्लासिकल अवधारणाओं ('कण' और 'तरंग') को एक साथ उपयोग करने से ही सम्भव है।

चित्र-4 : संयुक्त राज्य अमेरिका के 1700 इंजीनियरों, तकनीशियनों और स्नातक विद्यार्थियों ने LHC एक्सीलरेटर और कण संसूचकों को डिजाइन करने, बनाने और संचालित करने में मदद की और कण की टक्करों से प्राप्त डेटा का विश्लेषण किया। इनमें से फ़र्मिलेब के 200 से अधिक शोधकर्त्ता और कर्मचारी 4 जुलाई, 2012 की सुबह 2 बजे (EDT) एक सभागार में इस घोषणा की प्रतीक्षा करने के लिए जमा हुए थे कि हिग्स-बोसॉन जैसे कण का पता चला है।

Credits: US Department of Energy. URL: http://www.publicdomainfiles.com/show_file.php?id=14018719214160. License: Public Domain.

हिग्स-बोसॉन की उपस्थिति को जान पाएँगे। तीसरा, क्षय उत्पादों से हिग्स-बोसॉन की उपस्थिति का पता लगाना भी एक चुनौती होगा, जब तक कि यह एक विशिष्ट क्षय पैटर्न न दिखाए। यदि हिग्स-बोसॉन के क्षय उत्पाद अन्य ज्ञात अस्थिर कणों के क्षय से उत्पन्न उत्पादों के समान होंगे, तो इन उत्पादों के वास्तविक स्रोत का पता लगाना बहुत मुश्किल होगा (देखें **बॉक्स-10**)।

2012 में, CERN के LHC में हिग्स-बोसॉन की तलाश कर रही ATLAS और CMS – दो टीमों ने इसके साथ 'सुसंगत' एक कण की खोज की घोषणा की, जिसमें त्रुटि की गुंजाइश दस लाख में 1 से कम थी (देखें **चित्र-3**)।[4,5] अगले कई महीनों तक, वैज्ञानिकों ने इस कण और इसकी विशेषताओं की जाँच जारी रखी। उनके अवलोकनों से पता चला है कि यह कण कई तरीक़ों से व्यवहार, अन्तर्क्रिया करता है और क्षय होता है, जिनका स्टैण्डर्ड मॉडल के अनुसार, हिग्स कणों के लिए पूर्वानुमान लगाया गया था।

समापन

हिग्स-बोसॉन का पता लगाने के साथ, हमने स्टैण्डर्ड मॉडल द्वारा पूर्वानुमानित सभी मूलभूत कणों को ढूँढ़ लिया है। हालाँकि यह मॉडल कण भौतिकी के सैद्धान्तिक ढाँचे के पक्ष को मज़बूत करता है, लेकिन इसका

बॉक्स-9 : हिग्स-बोसॉन को गॉड पार्टिकल क्यों कहा जाता है?

मुख्यधारा के मीडिया में, हिग्स-बोसॉन को अकसर 'गॉड पार्टिकल' कहा जाता है। यह रुतबा 1993 में 'द गॉड पार्टिकल : इफ द यूनिवर्स इज़ द आन्सर, व्हाट इज द क्वेश्चन?'[3] नामक पुस्तक से आया है। इस कण का पता लगाने की निरन्तर कठिनाइयों से निराश, इसके लेखक लियोन लेडरमैन (नोबेल पुरस्कार विजेता और फर्मी लैब के पूर्व निदेशक) ने हिग्स-बोसॉन को 'द गॉड्डैम पार्टिकल' कहा। पुस्तक के प्रकाशकों ने यह सुझाव दिया कि इसकी जगह 'गॉड पार्टिकल' का उपयोग करना चाहिए, जिससे इस कण की अलभ्यता के साथ-साथ पदार्थ की संरचना की हमारी समझ में इसके महत्त्व को बल मिलेगा। और यह नाम अटक गया। हिग्स सहित कई भौतिकविदों ने इसे सनसनीख़ेज बताते हुए ख़ारिज किया है, इसके बावजूद यह बेहद लोकप्रिय है। ज़ाहिर है, यह नाम, विशुद्ध कल्पना है – इसके गणितीय समीकरणों में या किसी भी धार्मिक ग्रन्थ/परम्पराओं में ऐसा कुछ नहीं है जो हिग्स कण या हिग्स क्षेत्र को धर्म या देवत्व की किसी भी धारणा से जोड़ता हो।

बॉक्स-10 : एक नवीन कण का, उसके क्षय उत्पादों द्वारा पता लगाना संकेतों को पृष्ठभूमि से अलग करके देखने का सवाल है

इस मामले में संकेत, हिग्स-बोसॉन के सम्भावित क्षय हस्ताक्षर (decay signatures) होंगे – प्रत्येक में कणों का एक अभिलाक्षणिक समूह होगा जिनका उपयोग निर्णायक रूप से इसकी उपस्थिति की पहचान करने के लिए किया जा सके। पृष्ठभूमि में हर वह साधारण घटना शामिल होगी जो इस तरह के हस्ताक्षर की नकल कर सकती है। उदाहरण के लिए, पूर्वानुमान है कि LHC में बने किसी हिग्स-बोसॉन का क्षय 60 प्रतिशत बार बॉटम क्वार्कों की एक जोड़ी में होगा। चूँकि क्वार्कों की जोड़ी कई अन्य घटनाओं का परिणाम हो सकती है, इसलिए हिग्स-बोसॉन के इस क्षय हस्ताक्षर के लिए पृष्ठभूमि बहुत विशाल होगी – संकेत से लगभग 10,000 गुना विशाल।

संकेत और पृष्ठभूमि के बीच अन्तर करने का एक और तरीक़ा होगा कि हर टक्कर के दौरान निकली ऊर्जा की मात्रा की गणना की जाए। उच्च ऊर्जा पर, हिग्स-बोसॉन के बनने की सम्भावना नाटकीय रूप से बढ़ जाती है, और हिग्स संकेत तथा पृष्ठभूमि (पहले से ज्ञात कणों के कारण) के अनुपात में सुधार होता है। यह देखते हुए कि एक हिग्स-बोसॉन के बनने की सम्भावना अपने आप में बहुत कम है, इसका अस्तित्व केवल बहुत बड़ी संख्या में टक्करों का डेटा प्राप्त करके ही पता लगाया जा सकता है। इस तरह के बड़े डेटा सेट प्राप्त करने के लिए, LHC में प्रति सेकंड 4 करोड़ बार टक्करें करवाई जाती हैं – पूरे दिन, वर्ष के हर दिन! इस k कण के सूचक संकेतों की सम्भावना में सुधार करने के लिए, LHC को बेहतर संसूचकों के साथ अपग्रेड किया गया है, और इससे प्राप्त क्षय संकेतों की विशाल संख्या का विश्लेषण दुनिया भर के कम्प्यूटर संसाधनों द्वारा किया जाता है।

स्वयं इस विषय पर बहुत-थोड़ा प्रभाव ही पड़ा है। ऐसा इसलिए है क्योंकि हिग्स क्षेत्र, इसकी पहचान से कई सालों पहले से, स्टैण्डर्ड मॉडल का हिस्सा रहा है।

कण भौतिकी का वर्तमान फोकस उन बुनियादी कणों के अस्तित्व का निर्धारण करने पर है जो स्टैण्डर्ड मॉडल में नहीं हैं, और ऐसे ज्ञात मूलभूत कणों के प्रभाव को मापने पर है जो कि इस मॉडल के अनुरूप नहीं आए हैं। उदाहरण के लिए, LHC और अन्य जगहों पर, व्यवस्थित प्रयोग और मापन के विश्लेषण किए जा रहे हैं ताकि यह पता लगाया जा सके कि क्या विभिन्न प्रकार के हिग्स-बोसॉन होते हैं।[6] यदि ऐसा है, तो उनकी खोज हमें उस भौतिकीय दुनिया में ले जा सकती है जो हमारी स्टैण्डर्ड मॉडल की वर्तमान समझ से परे है।

जबकि हिग्स-बोसॉन की खोज की प्रक्रिया ने टेक्नॉलॉजी में महत्त्वपूर्ण प्रगति को आगे बढ़ाया है (देखें **बॉक्स-11**), लेकिन इसकी खोज से कोई प्रत्यक्ष टेक्नोलॉजिकल लाभ हुआ हो, ऐसा नहीं लगता। यह देखते हुए कि सभी मौलिक खोजें, खोज-बीन के उपरान्त व्यावहारिक अनुप्रयोगों की तरफ़ ले जाती हैं, यह केवल समय की बात हो सकती है। तब, कोई आश्चर्य नहीं कि पूरी दुनिया उत्साहित है – अब हमें लगता है कि हम जानते हैं कि कैसे बुनियादी कण और उनके द्वारा बनाई गई सभी चीज़ों (हमारे सहित) में वह गुणधर्म होता है जिसे हम द्रव्यमान कहते हैं!

बॉक्स-11 : क्या आप जानते हैं?

वर्ल्ड वाइड वेब (www) CERN की संचार प्रणाली में सुधार के लिए एक परियोजना के रूप में शुरू हुई थी। इस प्रकार, LHC द्वारा उत्पादित बड़े पैमाने पर डेटा को संसाधित करने के लिए CERN की ज़रूरत ने डिस्ट्रीब्यूटेड और क्लाउड कम्प्यूटिंग के क्षेत्रों में महत्त्वपूर्ण विकास किया है!

मुख्य बिन्दु

- कण भौतिकी का स्टैण्डर्ड मॉडल, हिग्स क्षेत्र नामक एक परिकल्पित, सर्वव्यापी 'क्षेत्र' के अस्तित्व की भविष्यवाणी करता है।
- इस क्षेत्र के बारे में माना जाता है कि यह हिग्स क्रियाविधि नामक एक क्रियाविधि के माध्यम से मूलभूत कणों को द्रव्यमान प्रदान करता है।
- हिग्स-बोसॉन हिग्स क्षेत्र से जुड़ा एक परिकल्पित कण है।
- इस कण को नोबेल पुरस्कार विजेता लियोन लेडरमैन की एक किताब से इसका लोकप्रिय नाम 'गॉड पार्टिकल' मिला है।
- हिग्स-बोसॉन को खोजने के लिए प्रयोग लार्ज हैड्रॉन कोलाइडर, CERN, फ्रांस में किए जाते हैं।
- 4 जुलाई, 2012 को CERN के वैज्ञानिकों ने अलभ्य (elusive) हिग्स-बोसॉन के पूर्वानुमानित गुणधर्मों के समान गुणधर्म वाले एक कण के खोज की घोषणा की।

Note: Image used in the background of the article title – A Higgs-event. Credits: Lucas Taylor/CERN, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CMS_Higgs-event.jpg. License: CC-BY-SA.

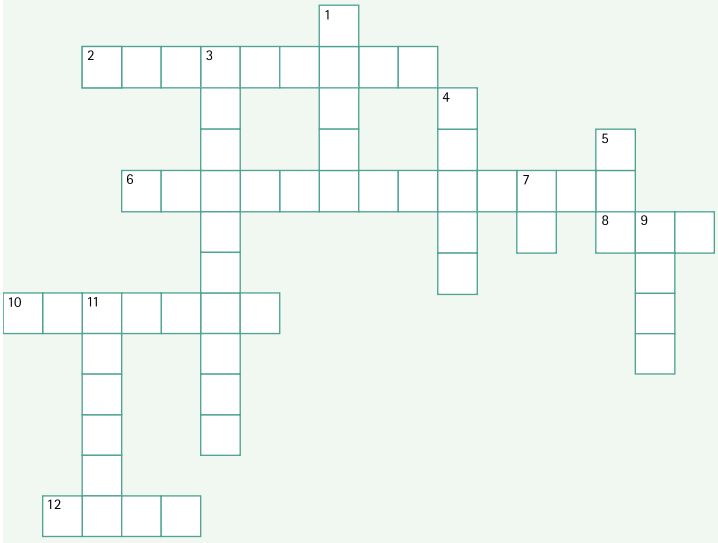
References:

1. Kane G (1996). 'The Particle Garden', Perseus Publishing.
2. Kane G (2006). 'The Mysteries of Mass'. Scientific American, January: 33-38.
3. Lederman L M & Teresi D (1993). 'The God Particle: If the Universe is the Answer, What is the Question'. Houghton Mifflin Company.
4. CMS Collaboration (2012). 'A new boson with a mass of 125 GeV observed with the CMS experiment at the Large Hadron Collider'. Science, 338: 1569-1575.
5. CMS Collaboration et. al. (2012). 'Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC'Phys. Lett. B, 716: 30-61.
6. Carroll S (2015). 'The Higgs boson and beyond'. Course Guidebook – The Great Courses, Virginia.

सुभाष कुमार आचार्य नरेन्द्र देव कॉलेज (दिल्ली विश्वविद्यालय), नई दिल्ली के भौतिकी विभाग में प्राध्यापक हैं। उनकी शोध की रुचियों में खगोलभौतिकीय प्लाज़्मास और खगोलशास्त्र शामिल हैं। उनसे subhashkumar@andc.du.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : प्रमोद मैथिल **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर** : कामिनी उपाध्याय

EVOLUTION CROSSWORD



Answer on page 121

Across

2. Choosing and fixing certain species or traits by natural or artificial forces acting on it. (9)
6. The English naturalist who is known for his theory of evolution. (13)
8. Any of the large, tailless, semi-erect primates of Africa and Southeast Asia. (3)
10. A group of individuals that can interbreed and produce viable offspring. (7)
12. A type of fertilization that occurs within the same organism: _____ fertilization. (4)

Down

1. A term to describe an organism's role in its environment. (5)
3. A species which is at high risk of extinction. (10)
4. Adjust to changing environments. (5)
5. The 'Molecule of Life' that carries genetic information between generations. (3)
7. Sex chromosomes in birds and snakes. (2)
9. Prefix to the number of times a woman has given birth or the number of children. (4)
11. To undergo a gradual change of characteristics in successive generations. (6)

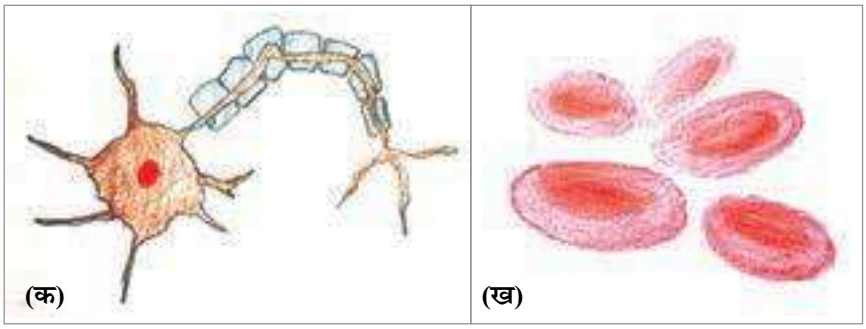
Rohini Chintha is an Assistant Professor (C) at the Department of Genetics and Biotechnology, University College for Women, Hyderabad. She is passionate about writing for children, and believes that 'A Happy Childhood builds a Happy Society'. About 85 of her stories for children have been published in various magazines.

जीवन का आव्यूह
यानी ताना-बाना क्या है?

नागराज बालासुब्रमण्यन, कीर्ति हरिकृष्णन एवं फिलिप मैथ्यू

कई जटिल कोशिकीय अन्तर्क्रियाओं के फलस्वरूप जीवन शुरू होता और फलता-फूलता है। इन अन्तर्क्रियाओं को कोशिकीय सूक्ष्म वातावरण में उपस्थित आव्यूह (matrix) से सहारा मिलता है। यह आव्यूह कैसे तैयार होता है? कोशिकाएँ इसके साथ कैसे जुड़ती हैं और प्रत्युत्तर देती हैं? क्या यह रोग के दौरान कोशिका के कार्य को प्रभावित करता है?

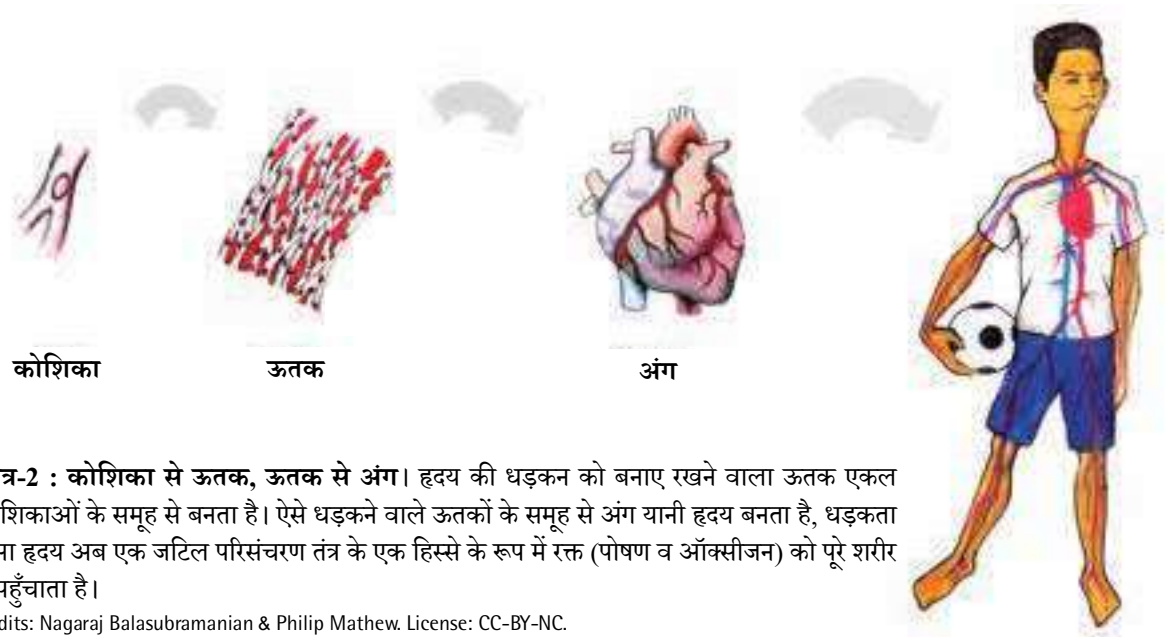
लगभग सभी जीव कोशिकाओं से बने हैं। उदाहरण के लिए मनुष्य का शरीर अरबों-ख़रबों कोशिकाओं से बना है जो साथ-साथ जीती एवं कार्य करती हैं। इन कोशिकाओं के निर्माण के ढंग में तो काफ़ी समानताएँ हैं पर उनके आकार और आकृति में भिन्नताएँ हैं। यह उनके कार्य को प्रभावित कर सकता है (देखें **चित्र 1**)।[1]



चित्र-1 : विभिन्न आकार और आकृतियाँ। मनुष्य जैसे बहुकोशिकीय जीव में कई प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं जो आकार और आकृति में भिन्न होती हैं। उदाहरण के लिए, **(क)** तंत्रिका कोशिकाओं की लम्बाई 100 माइक्रॉन तक हो सकती है। **(ख)** लाल रक्त कोशिकाएँ (RBC) बड़े के आकार की, तंत्रिका कोशिका से बहुत भिन्न होती हैं। इनका व्यास लगभग 8 माइक्रॉन होता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

बहुकोशिकीय जीवों में कोशिकाओं में प्रवृत्ति होती है कि वे ख़ुद ही ऊतकों, अंगों और अंग तंत्रों के रूप में व्यवस्थित हो जाती हैं (देखें **चित्र-2**)। कोशिकाओं का आकार, आकृति और स्व-व्यवस्थित होना न सिर्फ़ किसी ऊतक में उपस्थित कोशिकाओं के प्रकार पर निर्भर करता है बल्कि इस बात पर भी निर्भर करता है कि उनके ऊतक का **सूक्ष्म पर्यावरण** कैसे संगठित है।



चित्र-2 : कोशिका से ऊतक, ऊतक से अंग। हृदय की धड़कन को बनाए रखने वाला ऊतक एकल कोशिकाओं के समूह से बनता है। ऐसे धड़कने वाले ऊतकों के समूह से अंग यानी हृदय बनता है, धड़कता हुआ हृदय अब एक जटिल परिसंचरण तंत्र के एक हिस्से के रूप में रक्त (पोषण व ऑक्सीजन) को पूरे शरीर में पहुँचाता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

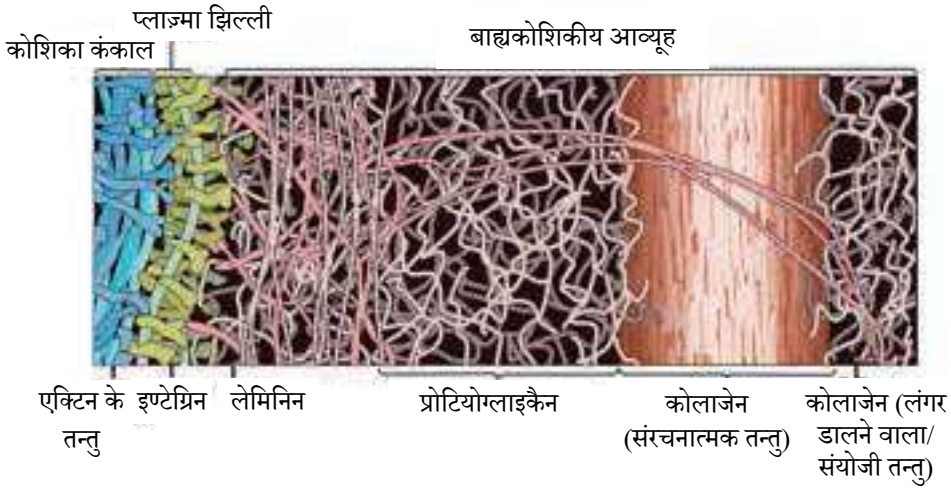
कोशिका की आन्तरिक वास्तुकला सूक्ष्म पर्यावरण से मिलने वाले जैव-रासायनिक व जैव-भौतिकीय (यांत्रिक) संकेतों और कोशिका के अन्दर उनके प्रभावों द्वारा निर्धारित होती है।[1] उदाहरण के लिए जन्तु कोशिका की संरचना और आकार निम्नलिखित द्वारा लगाए गए बलों से निर्धारित होते हैं -

क. कोशिका के अन्दर के **कंकाल (Cytoskeleton)** द्वारा जो उसकी झिल्ली को धकेलता या खींचता है।[2,3]

ख. कोशिका का आस-पास फैले **बाह्य कोशिकीय आव्यूह (Extracellular Matrix or ECM)** के घटकों से जुड़ाव जो कोशिका की दीवार पर दबाव डालता है।[4,5] एवं

ग. कोशिकाओं की अन्तर्क्रियाएँ।

कोशिका के कंकाल और बाह्य कोशिकीय आव्यूह के बीच संवाद कोशिका झिल्ली पर उपस्थित कुछ **ग्राहियों** द्वारा क़ायम होते हैं जो उक्त दोनों रचनाओं के घटकों से जुड़ते हैं (देखें **चित्र-3**)। कोशिका झिल्ली पर पाए जाने वाले कोशिका आसंजक अणु (cell adhesion molecules CAM) जैसे कैडहेरिन नामक प्रोटीन कोशिकीय अन्तर्क्रियाओं में मध्यस्थता करते हैं। किसी कोशिका का कैडहेरिन, उसकी पड़ोसी कोशिका के कैडहेरिन के साथ बन्धन बनाता है।[6,7]



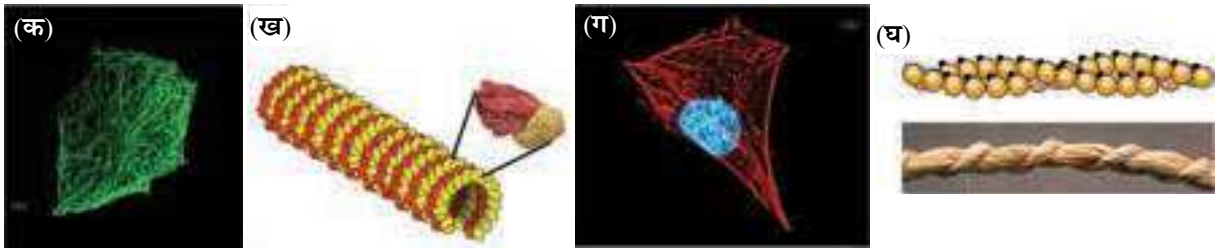
चित्र-3 : कोशिका का बाह्य आवरण प्लाज़्मा झिल्ली। नीले रंग वाले हिस्से में कोशिकीय कंकाल दर्शाया गया है यह प्लाज़्मा झिल्ली के अन्दर स्थित है। प्लाज़्मा झिल्ली के बाहर ECM प्रोटीन (प्रमुख रूप से कोलाजेन एवं प्रोटियोग्लाइकैन जैसे प्रोटीन) से बना एक जाल बिछा हुआ है। ग्राही प्रोटीन कोशिकीय झिल्ली में होते हैं जो कोशिका कंकाल एवं बाह्य कोशिकीय आव्यूह दोनों से संवाद करते हैं।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

कोशिका कंकाल प्रोटीन की उप-इकाइयों के आपस में जुड़कर बना एक नेटवर्क होता है ये उप-इकाइयाँ कोशिका झिल्ली, कोशिकांगों और केन्द्रक से जुड़ जाती हैं। इसके दो प्रमुख घटक हैं-

क. सूक्ष्म ट्यूब्यूल कोशिका कंकाल (देखें **चित्र-4 क-ख**)। यह एक पोली/खोखली नली होती है जो कोशिका के केन्द्र से शुरू होकर पूरी कोशिका में फैली होती है। यह एक रेल की पटरी की तरह काम करती है, जिसके ऊपर कोशिका के अन्दर पदार्थों का आवागमन होता है।[3,8]

ख. **एक्टिन कोशिकीय कंकाल नेटवर्क** (देखें **चित्र-4 ग-घ**)। कोशिकीय संरचना को सहारा प्रदान करता है और साथ ही ऐसे बल लगाता है जिससे कोशिका के आकार में बदलाव होता है एवं उसकी गति होती है।[2,3,9]

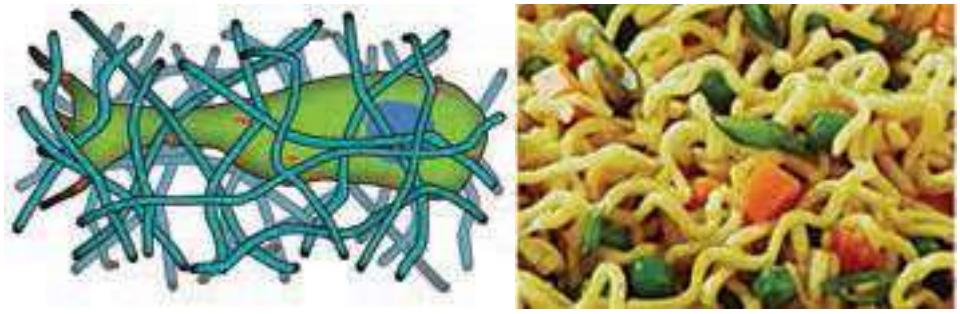


चित्र-4 : कोशिकीय कंकाल। (**क**) सूक्ष्म ट्यूब्यूल का जाल (हरे रंग में)। (**ख**) यह ट्यूब्यूलिन टुकड़ों की इकाइयों से बना होता है (पीले रंग का अल्फ़ा टुकड़ा और लाल रंग का बीटा टुकड़ा) ट्यूब की संरचना में व्यवस्थित। (**ग**) नीले रंग के केन्द्रक के आस-पास एक्टिन का जाल, लाल रंग में। (**घ**) हर एक्टिन धागा बिल्कुल एक जैसी इकाइयों के संयोजन से बनी हुई दो लड़ियाँ हैं जो एक-दूसरे के ऊपर लिपटी हुई होती हैं (रस्सी जैसी)।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

ECM क्या है?

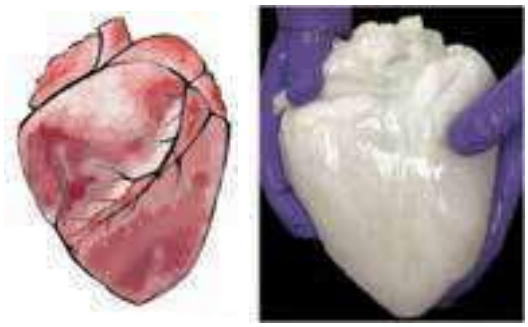
सामान्य शब्दों में, ECM (macromolecular mesh) अर्थात बाह्य कोशिकीय आव्यूह स्थूल अणुओं का जाल है जो कोशिकाओं को घेरे होता है और उन्हें जोड़ता है। जैसे सब्ज़ियों के टुकड़ों के आस-पास नूडल हों (देखें **चित्र-5**)। यह जाल कोशिकाओं को आपस में बाँधे रखने के अलावा, अकेली कोशिका के रूप में या, ऊतक के रूप में अन्य कोशिकाओं के साथ विभिन्न काम करने की गुंजाइश देता है।



चित्र-5 : ECM बिल्कुल एक कटोरी नूडल जैसा है। स्तनधारी कोशिकाएँ (हरे रंग की) अपने ही द्वारा स्रावित ECM (नीले रंग के रेशे) में स्थित और उससे घिरी होती हैं। एकदम स्वादिष्ट नूडल में फँसे सब्ज़ियों के टुकड़ों की तरह।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

अध्ययनों से पता चला है कि ECM के रेशे भौतिक रूप से कोशिकीय कंकाल के साथ जुड़े होते हैं। कोशिका की अन्दरुनी व बाहरी दुनिया का यह सम्बन्ध ऊतक और अंग की विशिष्ट आकृति व आन्तरिक बनावट बनाए रखने में मदद करता है, जो उनके कामकाज के लिए निहायत ज़रूरी है (देखें **चित्र-6**)।



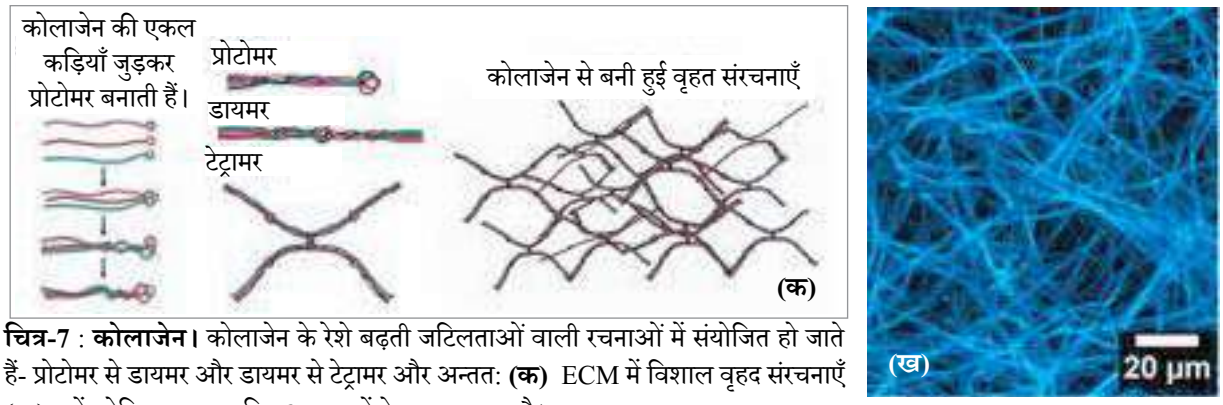
चित्र-6 : सफेद भूत। चित्र में दाहिनी ओर सफ़ेद रंग का भूत जैसा हृदय सूअर का हृदय है जो पूरी तरह कोशिका विहीन है और सिर्फ़ ECM है। हैरानी की बात है कि ECM की वज़ह से कोशिका विहीन होने के बावजूद हृदय का आकार बना हुआ है!

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. URL for heart image: http://legacymedsearch.com/implantable-organ-developer-miromatrix-raises-additional-15-7m-in-series-b-funding/heart4/. License: CC-BY-NC.

ECM की संरचना

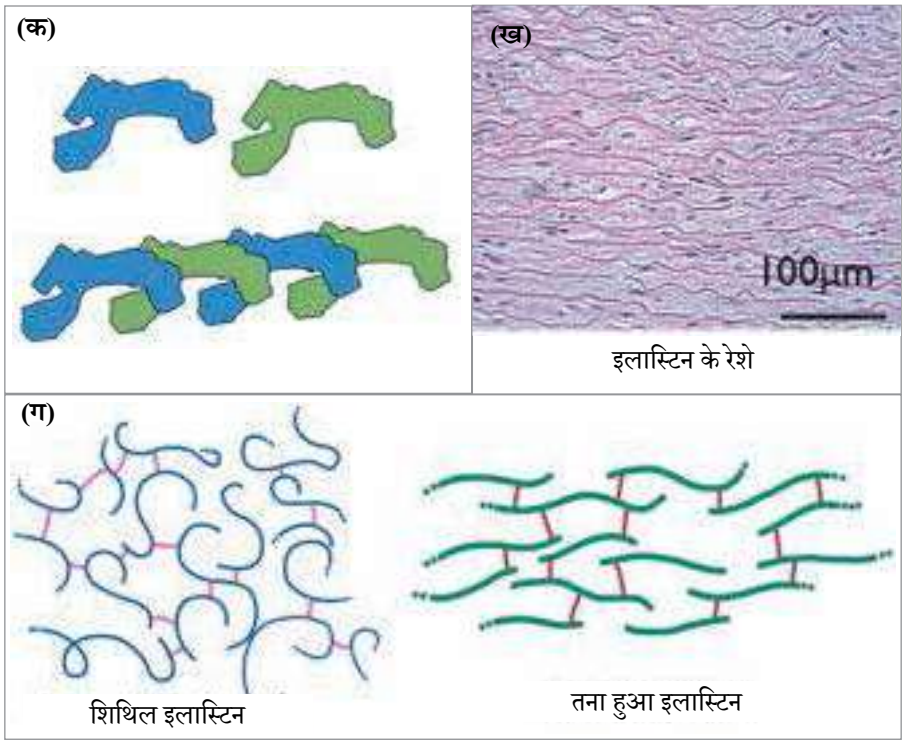
बाह्य कोशिकीय आव्यूह (ECM) कोशिकाओं द्वारा निर्मित और स्रावित प्रोटीन से बना होता है।[10] इस आव्यूह के सूक्ष्म पर्यावरण का हर प्रोटीन अन्य प्रोटीन से एवं प्रोटियोग्लाइकैन (जिसमें एक शर्करा अणु केन्द्रीय प्रोटीन के साथ जुड़ा होता है) से जुड़ा होता है जिससे मल्टीमर्स और ज़्यादा जटिल संरचनाएँ बनती हैं। कुछ उदाहरण -

- **कोलाजेन** : लगभग 300 नैनोमीटर लम्बा और 1.6 नैनोमीटर व्यास वाला 'कोलाजेन' (यूनानी भाषा में गोंद बनाने वाला) ECM में सबसे व्यापक रूप से पाया जाने वाला प्रोटीन है (देखें **चित्र-7**)।[11]
- **इलास्टिन** : जैसा कि नाम से स्पष्ट है यह ECM में पाया जाने वाला सबसे लचीला प्रोटीन है (देखें **चित्र-8**)।[12,13]
- **फाइब्रोनेक्टिन** : यह ECM में पाया जाने वाला उच्च आणविक भार का प्रोटीन है। इसकी लम्बाई लगभग 133 नैनोमीटर है (देखें **चित्र-9**)।[14]
- **फाइब्रिनोजेन** : यह एक ग्लायकोप्रोटीन है जो रक्त के थक्के बनाने में मदद करता है (देखें **चित्र-10**)।[15,16]



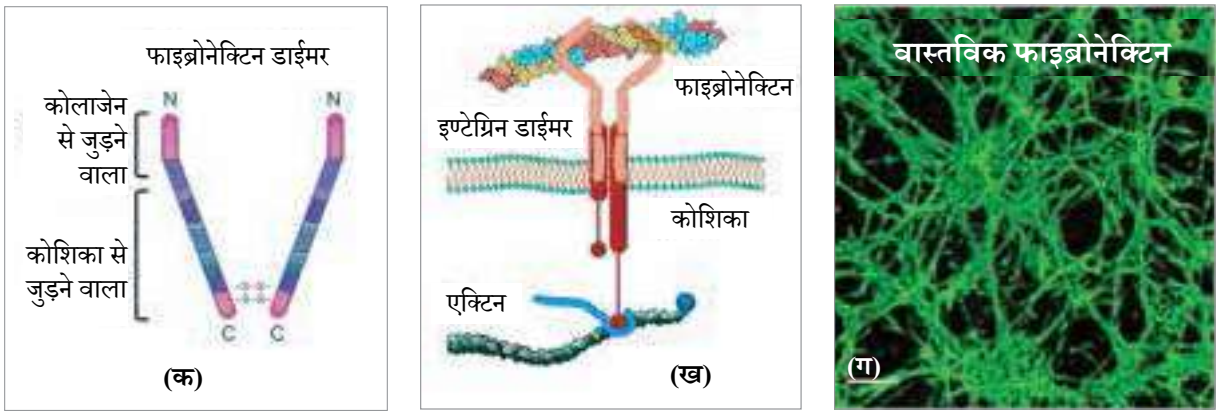
चित्र-7 : **कोलाजेन।** कोलाजेन के रेशे बढ़ती जटिलताओं वाली रचनाओं में संयोजित हो जाते हैं- प्रोटोमर से डायमर और डायमर से टेट्रामर और अन्ततः **(क)** ECM में विशाल वृहद संरचनाएँ **(ख)** इन्हें कोशिका द्वारा स्रावित आव्यूह में देखा जा सकता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. URL for collagen image: www.debye.physgeo.uni-leipzig.de/bip/research/cellular-motility/. License: CC-BY-NC.



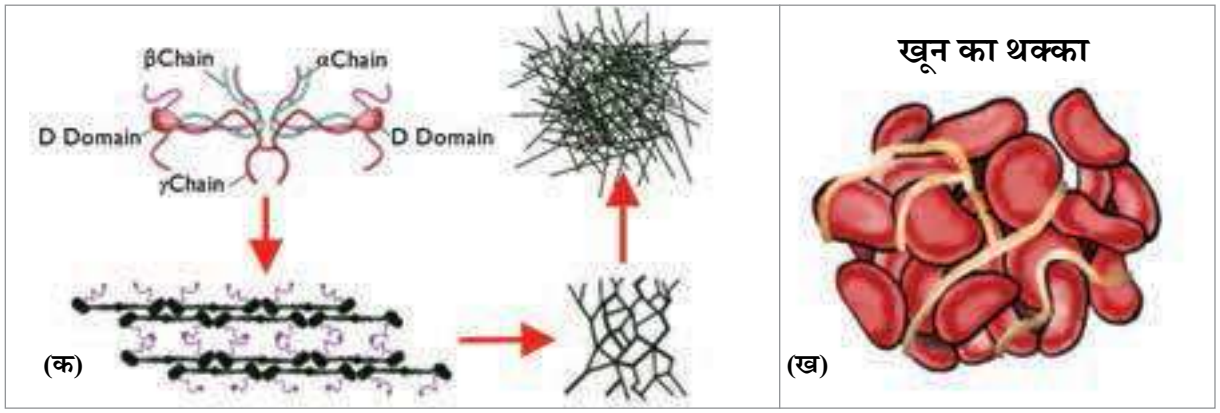
चित्र-8 : इलास्टिन। (**क**) यह अणु ट्रोपोइलास्टिन (लगभग 20 नैनोमीटर लम्बा) घुलनशील एकल अणुओं से बना होता है, जो जुड़कर अघुलनशील संकुल बना लेते हैं। (**ख**) रक्त वाहिनियों जैसे ऊतकों में पाया जाता है। **(ग)** इसमें संकुचन और शिथिलन की प्रक्रिया उत्क्रमणीय ढंग से हो सकती है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. URL for heart image: www.kumc.edu/instruction/medicine/anatomy/histoweb/vascular/large/Vasc02.JPG. License: CC-BY-NC.



चित्र-9 : **फाइब्रोनेक्टिन (क)** फाइब्रोनेक्टिन की एकल कड़ियों को एमिनो अम्ल के C- टर्मिनस के थाईऑल (R-S-S-R) समूहों के बीच सहबन्ध से जोड़कर डाईमर व मल्टीमर बनते हैं। **(ख)** इसके फलस्वरूप फाइब्रोनेक्टिन आव्यूह के बीच कड़ी बन जाता है – जो एक तरफ कोलाजेन से जुड़ती हैं तो दूसरी तरफ कोशिकाओं की झिल्ली पर उपस्थित इण्टेग्रिन ग्राहियों पर। **(ग)** कोशिका के अन्दर इण्टेग्रिन का एक सिरा अन्य प्रोटीन एवं एक्टिन के सूक्ष्म तन्तुओं से जुड़कर उन संरचनात्मक घटकों को जोड़ता है जो कोशिका को बाहर एवं अन्दर से आकार प्रदान करते हैं। यह ECM का एक बेहतरीन जाल बनाने में मदद करता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.



चित्र-10 : **फाइब्रिनोजेन। (क)** थ्रॉम्बिन द्वारा फाइब्रिनोजेन का विखण्डन किया जाता है जिससे फाइब्रिन की इकाइयों के बहुलीकरण से अघुलनशील फाइब्रिन जाल बनता है। **(ख)** फाइब्रिन से बने ढाँचे में लाल रक्त कणिकाएँ, प्लेटलेट और प्लाज़्मा प्रोटीन के जुड़ने से रक्त का थक्का बनता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

ECM में वृद्धिकारकों एवं सायटोकाइनिन (प्रतिरक्षा कोशिकाओं पर काम करने वाले ऐसे **छोटे प्रोटीन** अथवा **ग्लायकोप्रोटीन** अणुओं का समूह) को संचित करने व बाँधने की क्षमता होती है। इसके चलते कोशिका के अलग-अलग स्थानों पर या अलग-अलग समय पर इन प्रोटीनों की प्रवणता (gradients) और उपलब्धता निर्धारित होती है। ECM प्रोटीन के सीमित विघटन (प्रोटियोलाइसिस) से उत्पन्न कई सक्रिय जैव-पदार्थों के खण्डों के भण्डार का काम भी करता है। ये जैव-सक्रिय खण्ड ही ECM को **एंजियोजेनेसिस** (रक्त वाहिनियों के निर्माण की प्रक्रिया) जैसे कार्यिकीय कामों में मदद करते हैं।[16,17]

ECM में अलग-अलग प्रोटीनों की तुलनात्मक मात्रा कोशिका के प्रकार और तदनुसार ऊतक के प्रकार पर निर्भर करती है।[18] इससे निर्धारित होता है कि आव्यूह कैसे व्यवस्थित और क्रॉसलिंक होगा और कोशिकाएँ इसके साथ चिपकने से कैसी प्रतिक्रिया देंगी। इसका अर्थ यह भी हुआ कि किसी विशेष ऊतक से निकली कोशिकाएँ उसी ऊतक के आव्यूह को वरीयता देंगी।

कोशिकीय क्रियाओं का संचालन

हम जानते हैं कि ECM जैव-रासायनिक और जैव-भौतिकीय तरीक़ों से कोशिकीय क्रियाओं को संचालित करता है।

क. जैव-रासायनिक संकेत

ECM के जैव-रासायनिक गुणधर्म कोशिकाओं को अपने बाह्य वातावरण को भाँपकर उससे अन्तर्क्रिया करने में मदद करते

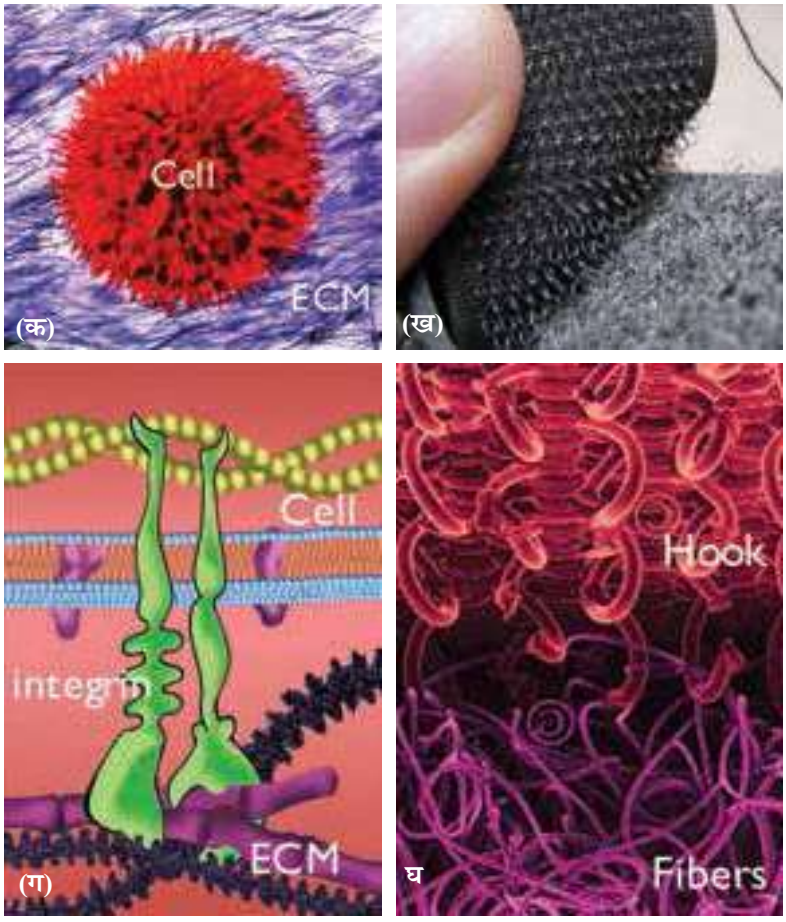
हैं। इन अन्तर्क्रियाओं की वजह से न केवल कोशिकीय क्रियाएँ संचालित होती हैं, बल्कि ये कोशिकाओं के लिए बहुकोशिकीय ऊतक के रूप में कार्य करने के लिए भी महत्त्वपूर्ण हैं।

जैसा कि कहा जा चुका है, इन अन्तर्क्रियाओं में मध्यस्थता कोशिका सतह पर उपस्थिति ग्राहियों (receptors) के द्वारा की जाती है। ऐसे ग्राहियों को इण्टेग्रिन कहा जाता है।[19] इण्टेग्रिन कोशिका झिल्ली में से उभरे होते हैं और बाहर की ओर ECM से व कोशिका के अन्दर कई प्रोटीन (कोशिका कंकाल समेत) से जुड़े होते हैं। इस प्रकार ये ECM को कोशिका की अन्दर की संरचना के साथ जोड़ते हैं। इससे **कोशिकाओं के** अन्दर **कई महत्त्वपूर्ण संकेत-मार्ग** सक्रिय हो जाते हैं जिनसे जैविक क्रियाएँ क्रमश चलती रहती हैं। इस तरह से, इण्टेग्रिन कोशिका के बाहर सूक्ष्म वातावरण में होने वाले परिवर्तनों की सूचना कोशिका के अन्दर पहुँचाते हैं और कोशिका की कई क्रियाओं का नियमन करते हैं।[20]

इण्टेग्रिन दो टुकड़ों से बने होते हैं (एक अल्फ़ा और एक बीटा उप-इकाई)। ये आव्यूह को जोड़ने में एक साथ कार्य करते हैं (देखें **चित्र-11**)। इससे इण्टेग्रिन के अणु में संरचनात्मक बदलाव होता है। इससे, कोशिका कंकाल एवं संकेतक अणुओं को उसकी पूँछ के साथ जुड़ने का रास्ता खुल जाता है।[20] ECM कोशिका झिल्ली पर इण्टेग्रिन **के गुच्छे** बनने का नियमन करके उनके सक्रियकरण का भी नियंत्रण करने में सक्षम होता है।[20,21] कोशिकाओं में, विविध इण्टेग्रिन प्रोटीन होते हैं जो ECM के विभिन्न प्रोटीन के साथ अलग-अलग क्षमता के साथ जुड़ते हैं। अर्थात कोशिका द्वारा सम्पादित क्रियाओं व संकेतों में भिन्नताएँ इस बात पर निर्भर करती हैं कि उनमें अलग-अलग इण्टेग्रिन अणु कौन-से हैं एवं वह किस ECM से जुड़ी है।[21]

ब. जैव-भौतिकीय संकेत

कोशिकाएँ ECM के संघटन, सरन्ध्रता (आव्यूह में छिद्रों का आकार) एवं कठोरता का नियमन करती हैं। उदाहरण के लिए ECM (या कोशिका द्वारा स्रावित कुछ विशिष्ट प्रोटीन) का संगठन उसके संघटन एवं उसके क्रॉसलिंकिंग का नियमन इस प्रकार करता है जिससे सरन्ध्रता व कठोरता[4] तय होती है। इसी



चित्र-11 : ECM से जुड़ने वाले इण्टेग्रिन

इण्टेग्रिन कोशिका की सतह पर पाए जाने वाले हुक जैसी ग्राही होते हैं **(क)** जो कोशिकाओं को आव्यूह के तन्तु से जोड़ते हैं **(ख)** ठीक वेल्क्रो (VELCRO) के समान। **(ग-घ)** इण्टेग्रिन के इन अणुओं को पुनः उपयोग किया जा सकता है। इन्हें चिपकाया, फिर निकाला और पुनः चिपकाया जा सकता है।

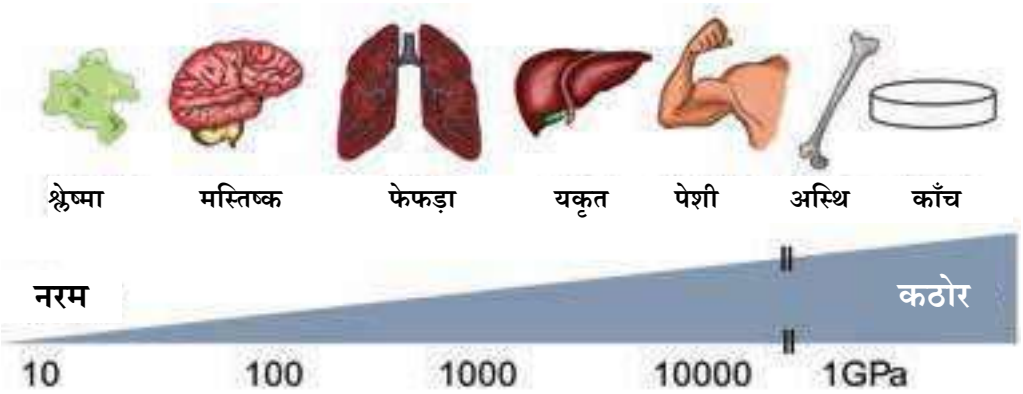
Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

प्रकार से, **मेटैलोप्रोटीनेज़ (MMP)** नामक विशेष एंज़ाइम्स द्वारा आव्यूह की लगातार पुनर्रचना होती रहती है। मैटेलोप्रोटीनेज़ कोशिकाओं द्वारा स्रावित ऐसे एंज़ाइम्स प्रोटीएज़ एंज़ाइम्स हैं जिनकी क्रिया में एक धातु की भूमिका होती है। ये एंज़ाइम आव्यूह के संघटन और कठोरता को प्रभावित करते हैं।[18]

यह फिर उन बलों का नियमन करता है जो कोशिका झिल्ली और झिल्ली पर उपस्थित ग्राही अनुभव करेंगे एवं वे आव्यूह को किस तरह की प्रतिक्रिया देंगे। उदाहरण के लिए कोशिकाएँ जब ऊतक के रूप में संगठित होती हैं तो उनकी कठोरता में बदलाव आता है। कोशिकाओं के आकार एवं कामकाज में यह बदलाव आंशिक रूप में इस बात पर निर्भर करता है कि कोशिकाएँ अपने कोशिका कंकाल नेटवर्क के ज़रिए ECM के प्रति कैसी प्रतिक्रिया व्यक्त करती हैं (देखें **चित्र-12**)।

रोग में ECM

बढ़ती उम्र व रोग की परिस्थिति में, आव्यूह के संघटन पुनर्रचना की वजह से कोशिकाओं का कामकाज बदल सकता है। उदाहरण के लिए आव्यूह के संघटन में बदलाव, रक्त वाहिकाओं की कठोरता को प्रभावित कर सकता है। इसका असर इस बात पर पड़ सकता है कि रक्त वाहिकाओं के अन्दर उपकला की कोशिकाएँ रक्त के बहाव की दर और पैटर्न में बदलाव के प्रति कैसी प्रतिक्रिया देंगी (**देखें चित्र-13**)।[22,23] ये मिलकर उपकला कोशिकाओं को क्षति पहुँचाती

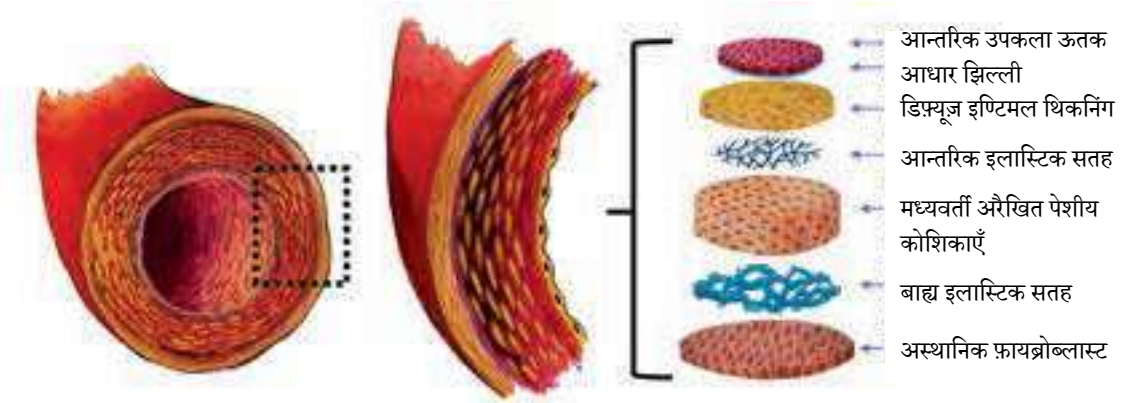


चित्र-12 : कठोरता में बदलाव और कोशिकाएँ। हमारा मस्तिष्क हमारी अस्थियों से काफ़ी नरम है और अस्थियाँ काँच से। मस्तिष्क एवं अस्थि में ECM के संघटन में काफ़ी अन्तर है और यह उनके कठोरता में अन्तर और उनके व्यवहार को भी प्रभावित करता है। कठोरता को पास्कल (Pascal) में नापा जाता है। कठोरता 10 पास्कल (Pa) **(बाईं ओर)** से लेकर एक गिगा पास्कल (1000000000 पास्कल) तक (GPa) **(दाईं ओर)** तक बदलती है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. Adapted from: jcs.biologists.org/content/130/1/71. License: CC-BY-NC.

हैं और वे टूटकर अलग हो सकती हैं। इससे क्षतिग्रस्त ऊतक की निचली परत में उपस्थित अरैखित पेशीय कोशिकाओं में विभाजन होने लगता है और ये सतह पर आ जाती हैं। इससे आन्तरिक उपकला द्वारा कुछ रासायनिक कारकों का स्त्राव भी होने लगता है जो **मोनोसाइट** (एक प्रकार की श्वेत रक्त कोशिकाएँ) ऐसे क्षतिग्रस्त घाव में पहुँचने लगती हैं। मोनोसाइट ऐसे घाव में प्रवेश करके विभेदित (यानी आकारिकी व कार्य में बदलाव) होकर मैक्रोफेज (यानी भक्षक कोशिकाएँ) बन जाती हैं। यह मैक्रोफेज मार्ग में आने वाले पदार्थों का भक्षण करती हैं, यहाँ तक कि **कम घनत्व वाले वसीय प्रोटीन (low density protein or LDL) कोलेस्ट्रोल** (जिसे आम बोलचाल में खराब कोलेस्ट्रॉल कहते हैं, जो जंक फूड में ख़ूब पाया जाता है) का भी। खा-खाकर ये फूलकर फोम कोशिकाएँ बन जाती हैं। [24]

फोम कोशिकाएँ आमतौर पर बहुत छोटी होती हैं और इनकी संख्या कम हो तो ये कोई रोग उत्पन्न नहीं करतीं। लेकिन बड़ी संख्या में इकट्ठी होने लगें तो ये प्लाक का निर्माण करती हैं जो अन्ततः **एथेरोस्क्लेरोसिस** का रूप ले लेता है (देखें **चित्र-14 क)** । प्लाक बनने से रक्त की नली में रक्त का बहाव अवरुद्ध हो जाता है ठीक उसी प्रकार जैसे किसी सुरंग में अवरोध होने से वाहनों के आवागमन में रुकावट होती है। अन्ततः यह टूट-फूट जाते हैं लेकिन इस प्रक्रिया में रक्त वाहिकाओं को नुक़सान पहुँचाते हैं। रक्त वाहिका हृदय में हो तो, दिल का दौरा पड़ सकता है (देखें **चित्र-14 ख)**।[24]



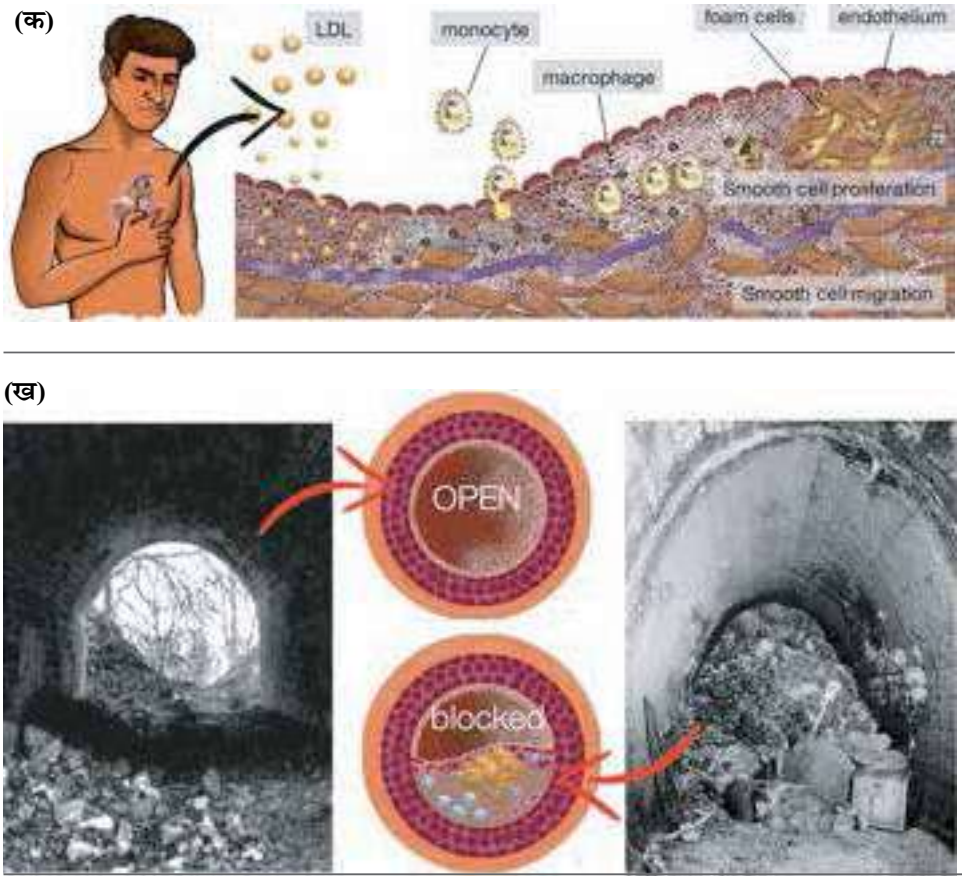
चित्र-13 : रक्त वाहिकाओं में कोशिका एवं बाह्य कोशिकीय आव्यूह। कोशिकाओं के अलग-अलग स्तर हैं – आन्तरिक उपकला (सबसे अन्दर), मध्यवर्ती अरैखित पेशीय कोशिकाएँ, अस्थानिक फ़ायब्रोब्लास्ट (बाह्यतम)। कोशिकाओं की इन परतों में ECM (आधार झिल्ली, आन्तरिक इलास्टिक सतह और बाह्य इलास्टिक सतह के रूप में) द्वारा जुड़ाव बना रहता है। इससे रक्त वाहिकाएँ मज़बूत पर लचीली होती हैं जिससे इनमें संकुचन और फैलाव (इलास्टिन के उपयोग से) होता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. Adapted from: http://www.courses.lumenlearning.com/boundless-ap/chapter/blood-vessel-structure-and-function. License: CC-BY-NC.

कोशिकाओं की ECM के साथ जुड़ने की क्षमता इस बात पर भी असर डालती है कि वृद्धिकारकों के प्रति उनकी प्रतिक्रिया किस प्रकार की होगी और वह कैसे वृद्धि करेंगी। वृद्धिकारकों के प्रति यथेष्ट प्रतिक्रिया के लिए अधिकांश सामान्य कोशिकाओं का ECM से जुड़े रहना आवश्यक होता है – यह एक ऐसा गुण है जो सुनिश्चित करता है कि कोशिका की वृद्धि नियमित होगी। इसके विपरीत, अपनी बागी प्रकृति के लिए मशहूर कैंसर कोशिकाएँ इस नियमन से मुक्त और **अंकुश से स्वतंत्र** हो जाती हैं। इससे ट्यूमर का बनना व शरीर में कैंसर का फैलना सम्भव हो जाता है। इसलिए ऐसा माना जाता है कि कैंसरकारी **ओंकोजीन** (जैसे ओंकॉजेनिक Ras प्रोटीन) द्वारा अंकुश से मुक्त होने की प्रक्रिया को बढ़ावा देते हैं।[25] हाल ही में यह और स्पष्ट हुआ है कि ऊतकों की कठोरता में बदलाव बढ़ती उम्र या रोग के विकास जैसी सामान्य कार्यिकीय अवस्थाओं का पूर्ववर्ती हो सकता है। लिहाज़ा उच्च रक्तचाप और कैंसर जैसी बीमारियों का बढ़ना यांत्रिक संकेतों का परिणाम हो सकता है।[26]

वर्तमान और भविष्य के कुछ रुझान

जैसा कि हम जानते हैं, आव्यूह के प्रोटीन से कोशिकीय क्रियाएँ प्रभावित होती हैं। रोगों से लड़ने में ECM का उपयोग कैसे किया जाए इस पर कई अध्ययन किए जा रहे हैं।



चित्र-14 : **रक्त वाहिकाओं का अवरुद्ध होना**। (**क**) क्षतिग्रस्त आन्तरिक उपकला की वजह से रक्त वाहिकाओं में मोनोसाइट प्रवेश करके मैक्रोफेज कोशिकाओं में बदल जाते हैं। यह low density lipoprotein (LDL) कोलेस्ट्रोल का भक्षण करके फोम कोशिकाओं बन जाती हैं।

(**ख**) इसके साथ-साथ, तेज़ी से विभाजन व स्थानान्तरण करने वाली अरेखित पेशीय कोशिकाओं से रक्त वाहिका में एथरोस्क्लेरोसिस प्लाक बनकर वाहिका को बाधित कर देता है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

ECM का एक अनुप्रयोग क्षतिग्रस्त रक्त कोशिकाओं की पहचान और उपचार में है। रक्त वाहिकाओं के अन्दर उपकला कोशिकाओं के ECM का संगठन (या उसका विशेष प्रकार) हमें रक्त के बहाव के पैटर्न के प्रति इन कोशिकाओं की प्रतिक्रियाओं तथा आगे के संकेतों के सक्रियन को समझने में मदद कर सकता है।[27] यह देखा गया है कि ECM के कुछ प्रोटीन **(जैसे एथेरोप्रोटेक्टिव मैट्रिक्स प्रोटीन)** उपकला ऊतक को सुरक्षा प्रदान करते हैं जबकि एक अन्य प्रोटीन समूह **(एथेरोजेनिक मैट्रिक्स प्रोटीन)** ऐसा नहीं करते।[28] इस खोज का अध्ययन एथेरोसिलेरोसिस के उपचार में उपयोग किए जाने वाले धातु से बने स्टेण्ट की प्रभावशीलता को बढ़ाने की दृष्टि से किया जा रहा है (देखें **चित्र-15**)। उदाहरण के लिए, पॉलीडोपामाइन (pDA), फाइब्रोनेक्टिन (FN) एवं ECM लेपित स्टेण्ट कोशिका के आसंजन को बढ़ाने में सहायक होते हैं।[29] FN-pDA लेपित स्टेण्ट अन्य ECM अणुओं (जैसे कोलेजन एवं फाइब्रिनोजेन) को सतह पर गतिहीन करने में मदद कर सकते हैं।[30] इस प्रकार एथेरो-प्रोटेक्टिव ECM प्रोटीन द्वारा लेपित स्टेण्ट द्वारा किसी रक्त वाहिका को अधिक समय के लिए खुला रखा जा सकता है जिससे उसमें से रक्त का बहाव बना रहे। एथेरो-प्रोटेक्टिव प्रोटीन को दवाइयों एवं वृद्धि कारकों के साथ मिलाकर उनकी प्रभावशीलता को बढ़ाया जा सकता है।[31]

ECM का एक और अनुप्रयोग दाँतों के प्रत्यारोपण में है। प्रत्यारोपित दाँत के हिस्सों पर कोलाजेन की झिल्लियाँ चढ़ाई जाती हैं ताकि कोशिकाओं के साथ जुड़ाव बेहतर हो एवं अस्थि के साथ एकीकरण में सहायक हो। इससे प्रत्यारोपित वस्तु बेहतर तरीक़े से पकड़ बनाते हुए कार्य करती है।[32]

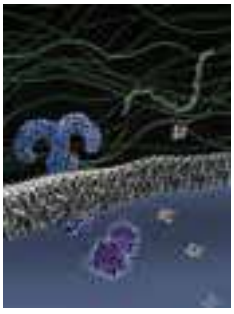
(क) (ख) (ग)

चित्र-15 : किसी अवरुद्ध रक्त वाहिका को खोलना। (**क**) स्टेण्ट, धातु की जाली होती है जिससे किसी अवरुद्ध रक्त वाहिका में गुब्बारे की मदद से डाला जाता है। (**ख**) जब गुब्बारे को फुलाया जाता है, तो (**ग**) धातु की जाली फ़िट होकर रक्त वाहिका को खुला रखती है।

Credits: Nagaraj Balasubramanian & Philip Mathew. License: CC-BY-NC.

कुछ उभरते चिकित्सीय तरीक़े (जैसे यांत्रिक चिकित्सा मेकेनो-थेरेपी) में कोशिकाओं एवं ऊतकों के यांत्रिक गुणधर्मों के नियमन पर ध्यान केन्द्रित किया जाता है। ये ऐसे अध्ययनों पर आधारित हैं जो दर्शाते हैं कि रोग की प्रगति में ECM की मध्यस्थता से कोशिकाओं एवं ऊतकों के यांत्रिक गुणधर्मों में होने वाले परिवर्तन की वजह से एवं उद्दीपनों के प्रति अलग-अलग कोशिकाओं की विशिष्ट संवेदनशीलता की वजह से असर पड़ता है। अत: ECM की अनुकूल कठोरता बनाए रखने और/या इसकी कठोरता के प्रति कोशिकाओं की प्रतिक्रिया को रोकना, कैंसर जैसे रोगों के उपचार की महत्त्वपूर्ण कड़ी सिद्ध हो सकता है।[26]

मुख्य बिन्दु



- ECM कोशिकाओं के आस-पास पाया जाने वाला ढाँचा है जो कोशिकाओं के आस-पास लिपटा होता है और उन्हें ऊतक का रूप देता है।
- यह ढाँचा कोशिकाओं द्वारा बनाए गए और स्रावित प्रोटीन जैसे कोलाजेन, इलास्टिन, फाइब्रोनेक्टिन एवं फाइब्रिनोजेन से बना होता है।
- यह ढाँचा जैव रसायन एवं जैव भौतिक संकेत देता है जो अलग-अलग प्रकार की कोशिकाओं को एक साथ कार्य करने में मदद करते हैं।
- कोशिका झिल्ली पर पाए जाने वाले इण्टेग्रिन प्रोटीन कोशिका के बाहर ECM एवं कोशिका के अन्दर कोशिका कंकाल के बीच सम्पर्क स्थापित करते हैं और कोशिका की संरचना और कार्य का नियमन करते हैं।
- ECM की कठोरता उसके संगठन, सरंध्रता एवं क्रॉसलिंकिंग के विस्तार के अनुसार बदलती है जिसके द्वारा कोशिकाओं का स्वास्थ्य एवं व्यवहार नियंत्रित होता है।
- रोग के दौरान कोशिका के व्यवहार में बदलाव का एक प्रमुख कारक ECM है, अतः इसको निशाना बनाकर कोशिकाओं का सामान्य कामकाज बहाल किया जा सकता है।

Note: Image used in the background of the article title – An artist's conception of the extracellular matrix, lipid bilayer and cellular components. Credits: NIH Medical Arts, NIH Image Gallery. URL: https://www.flickr.com/photos/nihgov/24191645473/in/photostream/. License: CC-BY-NC.

References:

1. Rafelski, S. M., & Marshall, W. F. (2008). Building the cell: design principles of cellular architecture. Nature Reviews. Molecular Cell Biology, 9(8), 593–602. URL: http://doi.org/10.1038/nrm2460.
2. Schwarz, U. S., & Gardel, M. L. (2012). United we stand: integrating the actin cytoskeleton and cell-matrix adhesions in cellular mechanotansduction. Journal of Cell Science, 125(Pt 13), 3051–3060. URL: http://doi.org/10.1242/jcs.093716.
3. Fletcher, D. A., & Mullins, R. D. (2010). Cell mechanics and the cytoskeleton. Nature, 463(7280), 485–492. URL: http://doi.org/10.1038/nature08908.
4. Jansen, K. A., Atherton, P., & Ballestrem, C. (2017). Mechanotransduction at the cell-matrix interface. Seminars in Cell & Developmental Biology, 71, 75–83. URL: http://doi.org/10.1016/j.semcdb.2017.07.027.
5. Weinberg, S. H., Mair, D. B., & Lemmon, C. A. (2017). Mechanotransduction Dynamics at the Cell-Matrix Interface. Biophysical Journal,112(9), 1962–1974. URL: http://doi.org/10.1016/j.bpj.2017.02.027.

6. Leckband, D. E., & de Rooij, J. (2014). Cadherin adhesion and mechanotransduction. Annual Review of Cell and Developmental Biology, 30(1), 291–315. URL: http://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100913-013212.
7. Maître, J.-L., & Heisenberg, C.-P. (2013). Three functions of cadherins in cell adhesion. Current Biology: CB, 23(14), R626–33. URL: http://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.019.
8. Microtubules and Filaments. Scitable by Nature Education. URL: https://www.nature.com/scitable/topicpage/microtubules-and-filaments-14052932.
9. Chhabra, E. S., & Higgs, H. N. (2007). The many faces of actin: matching assembly factors with cellular structures. Nature Cell Biology, 9(10), 1110–1121. URL: http://doi.org/10.1038/ncb1007-1110.
10. Piez, K. A. (1997). History of extracellular matrix: a personal view. Matrix Biology : Journal of the International Society for Matrix Biology, 16(3), 85–92.
11. Chang, S.-W., & Buehler, M. J. (2014). Molecular biomechanics of collagen molecules. Materials Today, 17(2), 70–76. http://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.01.019.
12. Mithieux, S. M., & Weiss, A. S. (2005). Elastin. In Fibrous Proteins: Coiled-Coils, Collagen and Elastomers (Vol. 70, pp. 437–461). Elsevier. URL: http://doi.org/10.1016/S0065-3233(05)70013-9.
13. Baldock, C., Oberhauser, A. F., Ma, L., Lammie, D., Siegler, V., Mithieux, S. M., et al. (2011). Shape of tropoelastin, the highly extensible protein that controls human tissue elasticity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108(11), 4322–4327. URL: http://doi.org/10.1073/pnas.1014280108.
14. Früh, S. M., Schoen, I., Ries, J., & Vogel, V. (2015). Molecular architecture of native fibronectin fibrils. Nature Communications, 6(1), 7275. URL: http://doi.org/10.1038/ncomms8275.
15. Mosesson, M. W. (2000). Fibrinogen functions and fibrin assembly. Fibrinolysis and Proteolysis, 14(2-3), 182–186. URL: http://doi.org/10.1054/fipr.2000.0054.
16. Yue, B. (2014). Biology of the extracellular matrix: an overview. Journal of Glaucoma, 23(8 Suppl 1), S20–3. URL: http://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000108.
17. Frantz, C., Stewart, K. M., & Weaver, V. M. (2010). The extracellular matrix at a glance. Journal of Cell Science, 123(Pt 24), 4195–4200. URL: http://doi.org/10.1242/jcs.023820.
18. Lu, P., Takai, K., Weaver, V. M., & Werb, Z. (2011). Extracellular matrix degradation and remodeling in development and disease. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 3(12), a005058–a005058. URL: http://doi.org/10.1101/cshperspect.a005058.
19. Hynes, R. O. (2004). The emergence of integrins: a personal and historical perspective. Matrix Biology : Journal of the International Society for Matrix Biology, 23(6), 333–340. URL: http://doi.org/10.1016/j.matbio.2004.08.001.
20. Harburger, D. S., & Calderwood, D. A. (2009). Integrin signalling at a glance. Journal of Cell Science, 122(Pt 2), 159–163. URL: http://doi.org/10.1242/jcs.018093.
21. Barczyk, M., Carracedo, S., & Gullberg, D. (2010). Integrins. Cell and Tissue Research, 339(1), 269–280. URL: http://doi.org/10.1007/s00441-009-0834-6.
22. Author name. (2014). Remodelling the extracellular matrix in development and disease, 15(12), 786–801. URL: http://doi.org/10.1038/nrm3904.
23. Endothelial fluid shear stress sensing in vascular health and disease. (2016). Endothelial fluid shear stress sensing in vascular health and disease., Journal of Clinical Investigation, 126(3), 821–828. URL: http://doi.org/10.1172/JCI83083.
24. Bentzon, J. F., Otsuka, F., Virmani, R., & Falk, E. (2014). Mechanisms of plaque formation and rupture. Circulation Research, 114(12), 1852–1866. URL: http://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.114.302721.
25. Schwartz, M. A. (1997). Integrins, oncogenes, and anchorage independence. The Journal of Cell Biology, 139(3), 575–578. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2141711/.
26. Lampi, M. C., & Reinhart-King, C. A. (2018). Targeting extracellular matrix stiffness to attenuate disease: From molecular mechanisms to clinical trials. Science Translational Medicine, 10(422), eaao0475. URL: http://doi.org/10.1126/scitranslmed.aao0475.
27. Katsuda, S., & Kaji, T. (2003). Atherosclerosis and extracellular matrix. Journal of Atherosclerosis and Thrombosis, 10(5), 267–274.
28. Bonnans, C., Chou, J., & Werb, Z. (2014). Remodelling the extracellular matrix in development and disease. Nature Reviews. Molecular Cell Biology, 15(12), 786–801. URL: http://doi.org/10.1038/nrm3904.
29. Park, C. Study on Extracellular Matrix-coated Cardiovascular Materials for Encompassment of Outgrowth Endothelial Cells. MSc thesis, University of Science and Technology (2016). URL: http://ust.dcollection.net/public_resource/pdf/000002228567_20190204032219.pdf.
30. Prewitz, M. C., Seib, F. P., Bonin, von, M., Friedrichs, J., Stißel, A., Niehage, C., et al. (2013). Tightly anchored tissue-mimetic matrices as instructive stem cell microenvironments. Nature Methods, 10(8), 788–794. URL: http://doi.org/10.1038/nmeth.2523.
31. Chang, H.-K., Kim, P.-H., Kim, D. W., Cho, H.-M., Jeong, M. J., Kim, D. H., et al. (2018). Coronary stents with inducible VEGF/HGF-secreting UCB-MSCs reduced restenosis and increased re-endothelialization in a swine model. Experimental & Molecular Medicine, 50(9), 114. URL: http://doi.org/10.1038/s12276-018-0143-9.
32. Rodella, L. F., Favero, G., & Labanca, M. (2011). Biomaterials in maxillofacial surgery: membranes and grafts. International Journal of Biomedical Science: IJBS, 7(2), 81–88.

नागराज बालासुब्रमण्यन प्रशिक्षित कोशिका जीवविज्ञानी हैं। वे भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसन्धान संस्थान (IISER), पुणे में एसोसिएट प्रोफ़ेसर हैं और कोशिका आसंजन का अध्ययन कर रहे हैं। विज्ञान के प्रति जुनून के साथ-साथ उन्हें इतिहास, डिज़ाइन और कला में भी गहरी रुचि है। उनसे adhesionlab@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

कीर्ति हरिकृष्णन मैट्रिक्स बायोलॉजिस्ट हैं। वे भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसन्धान संस्थान (IISER), पुणे में WOSA पुरस्कार विजेता और अनुसन्धान वैज्ञानिक हैं। वे एक शौक़िया शेफ़ भी हैं और अपने खाली समय में स्टैण्ड-अप रूटीन के लिए सामग्री तैयार करती हैं।

फिलिप मैथ्यू पुणे के एक कलाकार हैं, उन्हें ड्राइंग और पेंटिंग का शौक़ है। वे विभिन्न शैलियों के साथ काम करते हैं और एक दोस्त के साथ TORTUGA नामक डिजिटल कन्सलटेंसी संस्था का संचालन करते हैं।

अनुवाद : स्निग्धा दास **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

विज्ञान-शिक्षा एवं शोध में अन्तर्विषयी दृष्टिकोण का प्रभाव

धनश्री परांजपे

विज्ञान के इतिहास में ऐसे कई उदाहरण मिलते हैं जो यह बताते हैं कि असम्बद्ध लगने वाले विषयों के बीच के फ़ासले को मिटा देने से शानदार परिणाम मिल सकते हैं। क्यों? विज्ञान-शिक्षा के लिए इसका क्या निहितार्थ है?

पिछले साल एक दिन मैं अपने परिवार के साथ पुणे के पिंपरी चिंचवाड़ विज्ञान पार्क घूमने गई। वहाँ पर विभिन्न वैज्ञानिक अवधारणाओं जैसे कि ऊर्जा, भौतिकी के नियम, गति, पारिस्थितिकी तंत्र और खाद्य जाल पर एक प्रदर्शनी आयोजित की गई थी। प्रदर्शनी में भ्रम पैदा करने वाले कुछ आसान-से विज्ञान के खेल भी थे। आज तक मैंने विज्ञान में रुचि रखने वाले अलग-अलग आयु वर्ग के इतने सारे लोगों को एक जगह पर इकट्ठा कभी नहीं देखा था। जहाँ ज़्यादातर वयस्क दर्शक इस बात पर आश्चर्य जता रहे थे कि विज्ञान इतना आनन्ददायक भी हो सकता है, वहीं कई बच्चे प्रदर्शनी में रखे आकर्षक 'खिलौनों' से खेल रहे थे और इस बात से बेख़बर थे कि वे खेल–खेल में विज्ञान भी सीख रहे हैं। इस अनुभव ने मुझे वैज्ञानिकों, कलाकारों, इंजीनियर्स, डिज़ाइनर्स, आर्किटेक्ट्स और विज्ञान चित्रकारों जैसे कई लोगों के प्रयासों और सरलता की प्रशंसा करने पर मजबूर कर दिया। इनके अलावा मैं उन बेहतरीन आयोजकों और प्रशासकों का भी उल्लेख करना चाहूँगी जिनकी वजह से यह विज्ञान पार्क बन पाया। जो बात मुझे सबसे ज़्यादा आकर्षक लगी वह यह थी कि यह प्रदर्शनी 'थीम' (जैसे कि ध्वनि, भ्रम, प्राकृतिक अचम्भों) पर आधारित थी, न कि 'विषयों' (जैसे कि भौतिकी, रसायन और जीव विज्ञान) पर। जब आप विज्ञान का आनन्द लेने में जुटे हों तो भला कौन यह बात याद रखना चाहता है कि कोई थीम किस विषय में आती है?

हमारे दिमाग़ में हर दिन भारी मात्रा में सूचनाओं की बौछार की जाती है। पैटर्नों को खोजने की क्षमता एक तरीक़ा है जिसके ज़रिए दिमाग़ इन सूचनाओं का वर्गीकरण करता है और उपयुक्त बातों को संग्रहित करता है ताकि उन्हें तुरन्त याद किया जा सके। यह वर्गीकरण हमारे जीवन में काफ़ी पहले ही शुरू हो जाता है। उदाहरण के लिए हम स्कूल या कॉलेज स्तर पर विज्ञान को अलग-अलग विषयों के रूप में सीखते हैं। ऐसे विषयों के रूप में जिन्हें एक साथ नहीं मिलाया जाना है। यहाँ तक कि अकसर जो लोग विज्ञान विषय को अपना पेशा बनाते हैं उनसे भी यही उम्मीद की जाती है कि कुछ वर्षों के दौरान विशेषज्ञता के विशिष्ट क्षेत्रों को विकसित करें। उदाहरण के लिए हो सकता है कि एक कैंसर जीवविज्ञानशास्त्री के पास मलेरिया को पहचानने या उसे ठीक करने की विशेषज्ञता न हो, इसी तरह किसी रसायनशास्त्री से यह उम्मीद नहीं की जाती कि उसे यह पता हो कि एक्स-रे मशीन कैसे चलाते हैं। सामान्य तौर पर यह कह सकते हैं कि विज्ञान के क्षेत्र में आप जितना गहरा गोता लगाते जाते हैं, आपसे उतने ही ज़्यादा सीमित क्षेत्र पर ध्यान केन्द्रित करने की अपेक्षा की जाती

है। परिणामस्वरूप हम अकसर यह भूल जाते हैं कि अनुशासनात्मक ज्ञान (disciplinary knowledge) और विशेषज्ञता में विशिष्ट मालूम होने वाली सीमाएँ कृत्रिम हैं – हम अपनी सुविधा और समझने में आसानी के लिए विज्ञान को 'विषयों' और 'उपविषयों' (topics) में बाँटते हैं। क्या होगा यदि लोग अपने विषयों की इन सीमाओं से परे चले गए?

एक अन्तर्विषयी दृष्टिकोण क्या है?

शिक्षा या शोध के लिए एक अन्तर्विषयी दृष्टिकोण में दो या अधिक शैक्षिक विषयों के ज्ञान का एकीकरण एक ही गतिविधि में शामिल होता है। असम्बद्ध प्रतीत होने वाले अध्ययन क्षेत्रों (जो स्कूल में विषय के रूप में पढ़ाए जाते हैं) में एक-दूसरे को देने के लिए नई जानकारी, आँकड़े, तकनीकें, उपकरण, दृष्टिकोण, अवधारणाएँ और/या सिद्धान्तों के रूप में बहुत कुछ होता है। इसलिए अलग-अलग क्षेत्रों के ज्ञान को एक साथ लाकर किसी समस्या का समाधान करना :

- हमें विभिन्न अनुशासनात्मक दृष्टिकोणों से एक ही समस्या या किसी अवधारणा का अध्ययन का मौक़ा मिल सकता है और हमें उसे बेहतर या ज़्यादा समग्र तरीक़े से समझने में मदद कर सकता है।
- हमें नए समाधानों की तरफ़ ले जा सकता है।
- विज्ञान को आगे ले जा सकता है और ऐसी उपयोगी टेक्नोलॉजी को बनाने में मदद कर सकता है जो पहले अस्तित्व में नहीं थी।

यह दृष्टिकोण विज्ञान के लिए नया नहीं है। कुछ सबसे शानदार पथ-प्रवर्तक वैज्ञानिक खोजें वैज्ञानिकों द्वारा अपनी विशेषज्ञता के विशिष्ट कार्यक्षेत्र की सीमाओं से परे जाकर की गई हैं (**चित्र-1** देखिए)। बीसवीं शताब्दी की सबसे महत्त्वपूर्ण खोजों में से एक, डीएनए की संरचना की व्याख्या, को ही ले लीजिए। यह खोज कई भौतिकशास्त्रियों, रसायनशास्त्रियों और जीवविज्ञानशास्त्रियों के योगदान से ही सम्भव हो पाई है। फीबस लेविन एक जीव रसायनशास्त्री थे जिन्होंने सबसे पहले न्यूक्लियोटाइड्स (जो कि फॉस्फेट, नाइट्रोजनी क्षार और कार्बोहाइड्रेट्स से मिलकर बना था) को खोजा, जो एक डीएनए अणु की बुनियाद होते हैं। एक अन्य जीव रसायनशास्त्री इर्विन चारगाफ़ ने खोजा कि 4 न्यूक्लियोटाइड एडेनिन (A), थाइमिन (T), साइटोसिन (C) और ग्वानिन (G) –डीएनए की प्रत्येक लड़ी में एक विशिष्ट रेखीय क्रम में जुड़े होते हैं (जैसे किसी माला में 'मोती' होते हैं)। रसायनशास्त्री रोजलिंड फ्रैंकलिन और भौतिकशास्त्री व आणविक जीवविज्ञानशास्त्री मौरिस विल्किंस ने सबसे पहले डीएनए का स्पष्ट एक्स–रे क्रिस्टालोग्राफ़िक (क्रिस्टल की संरचना का अध्ययन करने के लिए उपयोग की जाने वाली एक तकनीक) चित्र प्राप्त किया था। डीएनए की त्रिविमीय द्विकुंडलित संरचना की खोज करने और इस सबूत को एक साथ लाने में जीवविज्ञानशास्त्री जेम्स वॉटसन और भौतिकशास्त्री फ्रांसिस क्रिक का संयुक्त योगदान रहा।

कई शैक्षिक शोधकर्ताओं ने स्कूल और कॉलेज स्तर पर विज्ञान-शिक्षा में अन्तर्विषयी दृष्टिकोण को शामिल करने के फ़ायदे बताए हैं। उदाहरण के लिए रेपको (2009) ने इस बात पर ज़ोर दिया कि अन्तर्विषयी शिक्षण विद्यार्थियों की संज्ञानात्मक क्षमता में प्रगति को बढ़ावा देता है।[1] अन्य शैक्षिक शोधकर्ताओं ने इसके कई विशिष्ट शैक्षिक लाभों को बताया है जिसमें विवेचनात्मक सोच में बढ़ावा, अस्पष्टता को लेकर सहनशीलता, पूर्वाग्रहों की पहचान और नैतिक सोच की प्रशंसा कर पाना शामिल हैं।[2, 3]

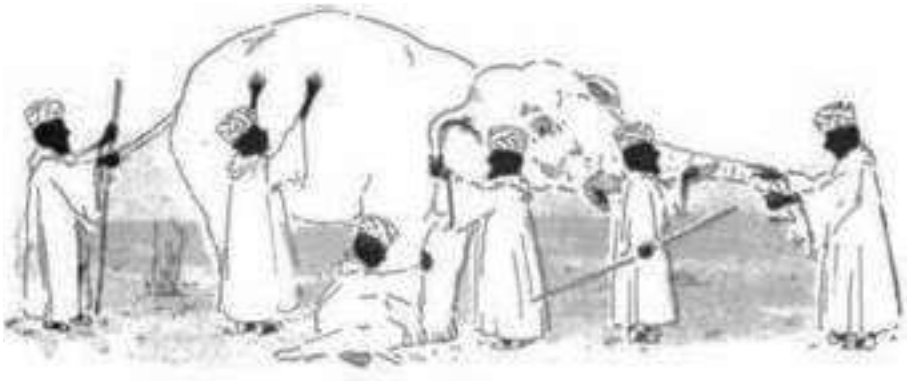
अन्तर्विषयी दृष्टिकोण के कई फ़ायदों के बावजूद भी विज्ञान सीखने और विज्ञान की कार्यप्रणाली में इसका उपयोग करना आमतौर पर एक मुश्किल काम लगता है। यह बड़ी-बड़ी प्रयोगशालाओं में आधुनिक उपकरणों और सुविधाओं के साथ काम करने वाले स्थापित वैज्ञानिकों के लिए सबसे ज़्यादा उपयुक्त मालूम होता है। आइए इस धारणा को चुनौती देने वाले कुछ उदाहरण देखते हैं।

एक सवाल कई परिप्रेक्ष्य

एक प्रसिद्ध दन्तकथा के अनुसार 6 नेत्रहीन व्यक्तियों का सामना एक हाथी से होता है। वे सभी अपनी समझ के अनुसार हाथी के बारे में बताने की कोशिश करते हैं! उनमें से एक हाथी की पूँछ को हाथ लगाता है और कहता है कि हाथी एक रस्सी के जैसा है, दूसरा कान को हाथ लगाता है और कहता है कि यह एक पंखे की तरह है। तीसरा हाथी के पेट को छूता है और कहता है कि हाथी एक दीवार जैसा है, जबकि चौथा व्यक्ति उसकी सूँड को हाथ लगाकर बताता है कि यह एक मोटे साँप जैसा है। पाँचवाँ व्यक्ति हाथी के एक पैर को छूकर कहता है कि यह एक पेड़ के तने जैसा है, जबकि छठा व्यक्ति उसके दाँत को छूकर कहता है कि

चित्र-1 : विचारों को साझा करना और सहयोग करना अन्तर्विषयी शोध की तरफ़ ले जाता है।

Credits: Kartiki Kane. License: CC-BY-NC.



चित्र-2 : छह नेत्रहीन व्यक्ति और हाथी।

Credits: Charles Maurice Stebbins & Mary H. Coolidge, "Golden Treasury Readers: Primer", American Book Co (New York). URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blind_men_and_elephant3.jpg. License: CC BY.

यह जानवर भाले जैसा लगता है। इनमें से कौन-सा विवरण सटीक है इस बहस का हल तब निकला जब उन्हें यह एहसास हुआ कि एक हाथी के 'वास्तविक स्वरूप' को केवल तभी समझा जा सकता है जब हाथी के बारे में उन सभी के अनुभवों और अवलोकनों को मिलाकर देखा जाए (**चित्र-2** देखिए)।

यह दन्तकथा अन्तर्विषयी शोध की ताक़त को उपयुक्त रूप से बताती है। वैज्ञानिक या विज्ञान के विद्यार्थी ज्ञान की एक अकेली शाखा या विषय द्वारा पेश किए जा रहे दृष्टिकोण के ज़रिए किसी जटिल तंत्र, परिघटना या अवधारणा को समझने की उसी प्रकार कोशिश करते हैं जैसे कि कहानी में नेत्रहीन हाथी के एक–एक भाग को 'छूकर' उसके बारे में समझने की कोशिश करते हैं। किसी जटिल तंत्र के विभिन्न पहलुओं के बारे में एकीकृत ज्ञान से हम उस तंत्र की ज़्यादा सटीक और समग्र समझ विकसित कर सकते हैं।

एक जटिल घटना का उदाहरण देखते हैं – प्रकाश संश्लेषण। यह प्रक्रिया पहली बार स्कूल पाठ्यक्रम में कक्षा तीसरी या चौथी में बताई जाती है। विज्ञान के किसी विद्यार्थी को बाद की हर कक्षा में यहाँ तक कि स्नातक या स्नातकोत्तर (विद्यार्थी जिस विषय में विशेषज्ञता हासिल कर रहा हो उसके आधार पर) स्तर तक लगातार, ज़्यादा विस्तार से, इसके बारे में पढ़ाया जाता है। वास्तव में कुछ लोग तो इसे जीवन भर पढ़ते रहते हैं! स्कूल के स्तर पर भी हम इसे कई बिन्दुओं के आधार पर समझ सकते हैं :

- किस प्रकार यह जैविक तंत्रों में ऊर्जा के प्रवाह को सुनिश्चित करता है (रसायनशास्त्र; ऊष्मागतिकी)।
- इस प्रक्रिया में शामिल कोशिकांग, जीन एवं प्रोटीन (जीवविज्ञान)।
- इस प्रक्रिया में शामिल जैव रासायनिक अभिक्रियाएँ (रसायनशास्त्र)।

बॉक्स-1 : कक्षा के लिए अन्तर्विषयी पाठयोजनाएँ

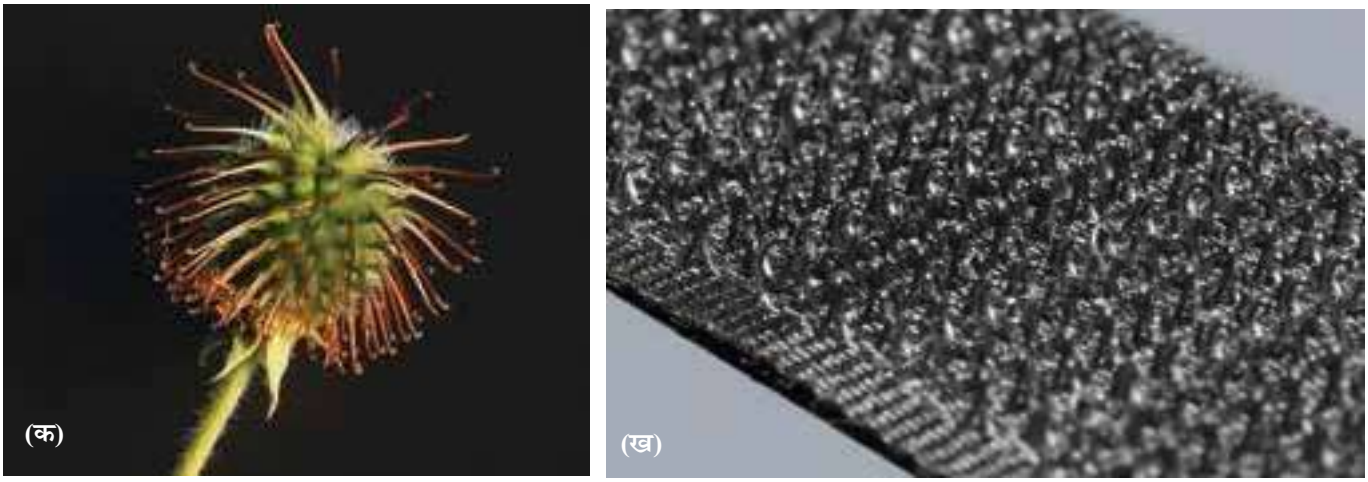
यहाँ कुछ उदाहरण दिए गए हैं जिनमें उपयोगी जीवन-कौशलों के साथ-साथ विभिन्न विषयों के ज्ञान को शामिल करने की कोशिश की गई है–

1. **मेरी थाली में भोजन :** पोषण, कृषि, स्थानीय भोजन की आदतों और अर्थव्यवस्था के बारे में खोज करने में मदद करने के लिए विद्यार्थियों को एक हफ़्ते के लिए स्कूल लंच की योजना डिज़ाइन करने के लिए प्रोत्साहित करें। उनसे कहें कि योजना बनाते समय यह ध्यान रखें कि प्रत्येक भोजन में सभी आवश्यक खाद्य समूह (कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा, विटामिन) उचित अनुपात में शामिल हों।
   - स्थानीय रूप से उपलब्ध और मौसमी सब्ज़ियाँ शामिल हों।
   - उचित मात्रा में कैलोरी हो।
   - सभी कच्ची सामग्री और आवश्यक अवयवों को मिलाकर प्रतिदिन प्रति विद्यार्थी 100 रुपए से ज़्यादा की लागत नहीं हो।
2. **ताज़ी हवा :** हवा के बारे में समझ विकसित करने के लिए बच्चों को इन बातों में शामिल करें–
   - भूगोल : पृथ्वी के वायुमण्डल की संरचना, वायु धाराएँ और उनका महत्त्व।
   - रसायनशास्त्र : हवा की संरचना, विशिष्ट वायु प्रदूषक और उनकी भौतिक और रासायनिक प्रकृति और हवा के दबाव के साथ किए जाने वाले प्रयोग।
   - जीवविज्ञान और पर्यावरण विज्ञान : मानव श्वसन तंत्र और यह वायु प्रदूषकों से कैसे प्रभावित होता है।
   - आविष्कार : एक सरल एयर प्यूरीफ़ायर, फिल्टर, पहनने लायक मास्क, एक सरल घरेलू वैक्यूम क्लीनर या एक सड़क साफ़ करने का यंत्र बनाना।
3. **ध्वनि :** ध्वनि तरंगों के बारे में और यह हमारे

रोज़मर्रा के जीवन को कैसे प्रभावित कर सकती हैं इस बारे में गहन समझ विकसित करने के लिए :

- ध्वनि तरंगों की भौतिकी : ध्वनि तरंगें वायु के माध्यम से कैसे संचरित होती हैं; प्रतिध्वनि (Echo) और ओवरटोन (Overtone) एवं ध्वनि के संचरण को प्रभावित करने वाले कारक।
- ध्वनि का जीवविज्ञान : ध्वनि कैसे 'सुनी' जाती है, मानव कान की संरचना, श्रवण तंत्रिकाएँ, और मस्तिष्क के वे क्षेत्र जो ध्वनि को पहचानते हैं; बोलने और सुनने में होने वाली समस्याएँ और मानवों सहित विभिन्न जीवों की श्रव्यता का परिसर (range)।
- ध्वनि का पर्यावरण विज्ञान : सड़कों, स्कूलों, पुस्तकालयों, दफ़्तरों, कारख़ानों, हवाई अड्डों आदि जगहों पर ध्वनियों का सामान्य डेसिबल परिसर। ध्वनि प्रदूषण और मानवों और अन्य जीवों पर इसके प्रभाव और इसे कैसे कम किया जाए या इससे कैसे बचा जाए।
- संगीत : मधुर संगीत और कोलाहल, संगीत (ध्वनियाँ) कैसे हमारी मनोदशा और मस्तिष्क को प्रभावित करता है, वाद्य यंत्रों की सहायता से ध्वनि के पैटर्नों या तरंगों को समझना।
- आविष्कार : मॉडल बनाना (कान की संरचना या एक ध्वनि यंत्र) और सरल वाद्य यंत्रों को बजाना या बनाना।

इन योजनाओं में आप क्या परिवर्तन लाना चाहेंगे? एक पाठयोजना बनाने के लिए आप अन्तर्विषयी दृष्टिकोण का उपयोग किस तरह करेंगे?



चित्र-3 : सूखे हुए बरडॉक फल (क) पर पाए जाने वाले हुक्स ने वेल्क्रो (ख) के आविष्कार को प्रेरित किया।

Credits: (a) Zephyris, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bur_Macro_BlackBg.jpg. License: CC-BY. (b) Credits: Alexander Klink, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Velcro_Hooks.jpg. License: CC-BY.

- प्रकाश संश्लेषण की अर्थव्यवस्था : किसी पौधे ने प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया में कितना निवेश किया है, प्रति पौधे द्वारा प्रति इकाई समय में कितनी प्रकाश ऊर्जा 'निर्धारित' की गई।
- पौधों की पारिस्थितिकी : कैसे प्रकाश की उपलब्धता पौधों के प्रकारों और जहाँ पर वे उगते हैं (उदाहरण के लिए C3 और C4 पौधे) इत्यादि बातों को प्रभावित करती है।

इस तरह विभिन्न उपक्षेत्रों (**बॉक्स-1** देखिए) के हमारे ज्ञान को एकीकृत करके किसी अवधारणा की गहन और समग्र समझ हासिल की जा सकती है।

जटिल समस्याओं का समाधान ढूँढ़ना

एक अन्तर्विषयी दृष्टिकोण न सिर्फ़ रोज़मर्रा के साधारण निर्णयों के लिए, बल्कि ज़्यादा जटिल एवं जीवन के अहम निर्णय लेने में भी उपयोगी होता है।

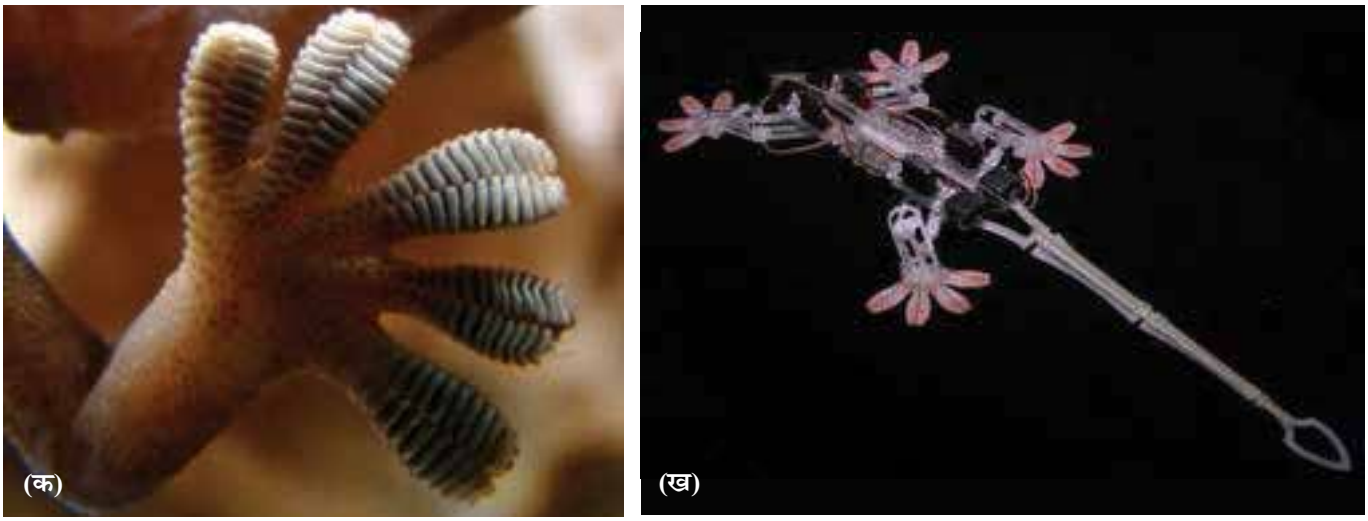
अकसर रोज़मर्रा के साधारण निर्णयों के लिए भी कई विषयों का ज्ञान आवश्यक होता है। उदाहरण के लिए नई कार या बाइक ख़रीदने का फ़ैसला लेने से पहले हम उसके कई पहलुओं के बारे में जानकारी इकट्ठा करते हैं, मसलन :

- इंजन की शक्ति (भौतिकी)
- ईंधन का प्रकार, गाड़ी का माइलेज, सुरक्षा सुविधाएँ और डिज़ाइन (इंजीनियरिंग), और
- अन्य उपलब्ध वाहनों की अपेक्षा उसका दाम, ख़रीदने का हमारा सामर्थ्य आदि (अर्थशास्त्र)

अत्यधिक जटिल निर्णय भी अन्तर्विषयी दृष्टिकोण से लाभान्वित होते हैं। बाँध के निर्माण जैसी किसी बड़े स्तर की परियोजना पर विचार करें। इसके डिज़ाइन के बारे में निर्णय लेने के लिए भूगोल, भूविज्ञान, जलविज्ञान, इंजीनियरिंग, आर्किटेक्चर और अर्थशास्त्र के ज्ञान की आवश्यकता होगी। लोगों और पारिस्थितिकी पर बाँध के प्रभाव का अनुमान लगाने के लिए स्थानीय जैव-विविधता के अध्ययन के साथ-साथ बाँध स्थल पर रहने वाली मानव आबादी की सामाजिक-आर्थिक परिस्थितियों, कृषि और पानी की ज़रूरतों (पर्यावरणीय विज्ञान) का अध्ययन करने की आवश्यकता होगी। एक अन्य उदाहरण में, मलेरिया जैसी बड़े स्तर पर फैलने वाली बीमारी से लड़ने के लिए वैज्ञानिक, डॉक्टर्स, रसायनशास्त्री, प्रशासक, जन स्वास्थ्य कार्यकर्ता और प्रदेश के अधिकारी सभी को मिलकर काम करना होता है। कीटविज्ञानशास्त्री मच्छरों (मलेरिया पैरासाइट के वाहक) के व्यवहार का अध्ययन करते हैं ताकि उन्हें नियंत्रित करने के उपाय किए जा सकें। इस जानकारी के आधार पर जन स्वास्थ्य कार्यकर्ता और राज्य के अधिकारी बीमारी के बारे में जागरूकता बढ़ाने और बीमारी के फैलाव को कम करने के उपायों में मदद करते हैं। परजीवीशास्त्री प्रकोप का कारण बनी प्रजातियों और संक्रमित लोगों पर इसके प्रभावों का निर्धारण करने के लिए परजीवी का अध्ययन करते हैं यह अध्ययन चिकित्सकों को संक्रमण का निदान करने और रसायनशास्त्री और फॉर्मेकोलॉजिस्ट्स के सहयोग से उपचार की ऐसी योजना (जैसे कि दवाइयों के संयोजन) बनाने में मदद करते हैं जो स्थानीय प्रकोप का कारण बनीं प्रजातियों को लक्षित करती है। बड़े स्तर की अन्य जटिल परियोजनाएँ जैसे किसी औद्योगिक विकास की योजना बनाना या अभ्यारणों का सीमांकन करना या वन्यजीवों के लिए संरक्षित क्षेत्र बनाना आदि अन्तर्विषयी दृष्टिकोण के बिना असम्भव है।

नवीन साधन और टेक्नोलॉजी

मनुष्य ने हमेशा प्रकृति से प्रेरित होकर समस्याओं का समाधान किया है, जैसे



चित्र-4 : एमआईटी के सांगबे किम द्वारा विकसित स्टिकीबोट (ख) की प्रेरणा गेको के पैर (क) से मिली।

Credits: (a) Bjørn Christian Tørrissen, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gecko_foot_on_glass.JPG. License: CC-BY-SA. (b) Biomimetics and Dexterous Manipulation Laboratory, Stanford University, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Stickybot.jpg. License: CC-BY-SA.

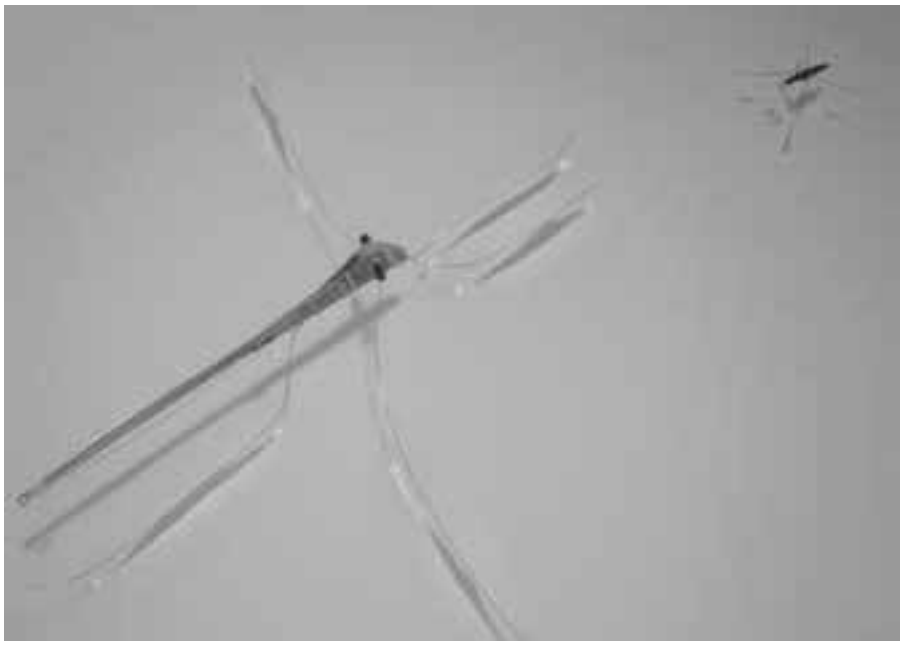
हवा में रास्ता दिखाना, पानी के नीचे रहना, बहुत कम ऑक्सीजन वाले वातावरण में लम्बे समय तक ज़िन्दा रहना इत्यादि। आजकल इस प्रकार के अध्ययनों को 'बायोमिमेटिक्स' के तौर पर वर्गीकृत किया जाता है। यह एक अनुप्रयुक्त क्षेत्र (applied field) है जो प्रकृति से प्रेरित नई टेक्नोलॉजी और उत्पादों के विकास पर केन्द्रित है।

इस प्रकार के नए आविष्कारों के सबसे प्रचलित उदाहरणों में से एक है वेल्क्रो। यह जूते, कपड़ों और घर के सामानों में उपयोग किया जाता है। यह कुछ पौधों के सूखे फलों पर पाए जाने वाले छोटे-छोटे हुक या दाँतों से प्रेरित है (**चित्र-3** देखिए)। यह फल इन हुक या दाँतों का उपयोग वहाँ से गुज़रने वाले मनुष्यों या जानवरों पर चिपकने के लिए करता है। इससे इसके बीज के दूर–दूर तक फैलने की सम्भावना बढ़ जाती है।

गेको (एक छोटी छिपकली जैसा जीव जो घर में दिखने पर अकसर डरा देता है) के पंजों से प्रेरित होकर वैज्ञानिक एक ऐसा रोबोट बना रहे हैं जो कि खड़ी दीवार पर चल सकता है (**चित्र-4** देखिए)। इसी तरह पानी की सतह पर चलने वाली मशीन और रोबोट के डिज़ाइन वॉटर स्ट्राइडर्स (एक प्रकार के कीट) से प्रेरित हैं। इन कीटों को आपने रुके हुए पानी की सतह पर 'स्केट' करते हुए देखा होगा। इनके पैरों में विशिष्ट जलरोधी संरचनाएँ होती हैं जिससे इनके पैर गीले नहीं होते। पानी पर तैरने के लिए यह पृष्ठ तनाव का उपयोग करते हैं (**चित्र-5** देखिए)।

एक अन्य बहुत ही उपयोगी आविष्कार सैनिकों या अन्य ऐसे लोगों के लिए कृत्रिम हाथों और पैरों का निर्माण है, जो किसी हादसे या युद्ध में अपने अंग खो चुके हैं। लगभग प्राकृतिक अंगों की तरह काम करने वाले कृत्रिम अंगों को विकसित करने के लिए उस अंग की जैविक संरचना और कार्य की समझ होना ज़रूरी है। साथ ही अंग के पुनर्निर्माण के लिए उपलब्ध विविध सामग्रियों की जानकारी और उसे काम करने के लायक बनाने के लिए कम्प्यूटर प्रोग्रामिंग और इलेक्ट्रॉनिक्स में विशेषज्ञता (कभी–कभी ब्रेन इमेजिंग) भी ज़रूरी है। नए युग के कृत्रिम अंग कई लोगों के जीवन के लिए वरदान साबित हुए हैं। आजकल वैज्ञानिक जटिल मशीनें, जो 'सीख' सकें और जटिल कार्यों को 'कर' सकें, बनाने के लिए मानव मस्तिष्क में न्यूरोन्स और उनके जालों का अध्ययन भी कर रहे हैं।

सिर्फ़ इतना ही नहीं। कृषि उत्पादन, जल संरक्षण एवं शोधन, हार्वेस्टिंग क्लीन एनर्जी

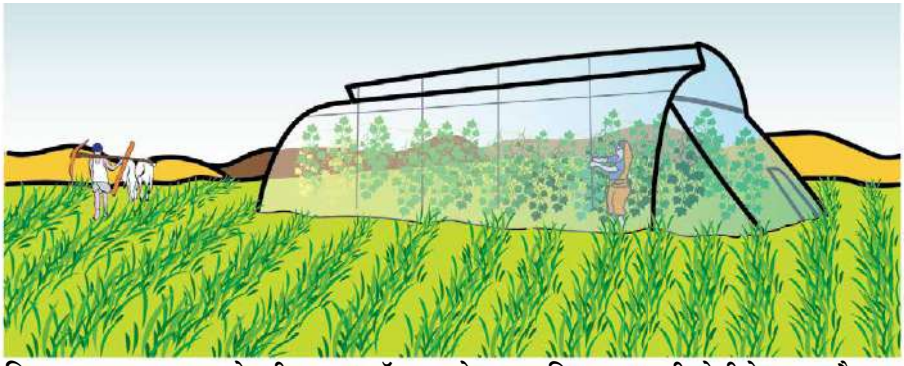


चित्र-5 : हावर्ड विश्वविद्यालय, यूनाइटेड स्टेट एवं सिओल राष्ट्रीय विश्वविद्यालय, साउथ कोरिया के वैज्ञानिकों द्वारा वॉटर स्ट्राइडर (दाईं ओर) से प्रेरित होकर बनाया गया माइक्रो रोबोट (बाईं ओर)।

Credits: David Hu and John Bush, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robostrider_faceoff2.jpg. License: CC-BY-SA.

चित्र-6 : पानी और ज़मीन दोनों पर चलने वाली कम लागत वाली इस साइकिल को द्वारकाप्रसाद चौरसिया और मोहम्मद सैदुल्लाह ने बनाया है। इसके लिए इन्हें नेशनल इनोवेशन फ़ाउण्डेशन द्वारा लाइफ़ टाइम अचीवमेंट अवार्ड दिया गया है।

Credits: Adapted from an image featured on Rediff: https://im.rediff.com/money/2010/aug/03sld4.jpg. License: Public Domain.



चित्र-7 : कम लागत वाले 'ग्रीन हाउस बॉक्स' को भारत की एक कम्पनी खेती ने बनाया है। यह सरल-सी व्यवस्था फ़सलों को ख़राब मौसम और कीटों से बचाती है।

Credits: Adapted from the image from http://www.designindaba.com/sites/default/files/node/news/23415/gallery/greenhouse-box-3.jpg. License: Public Domain.

(Harvesting clean energy) आदि को बेहतर बनाने के लिए रोज़ाना नए समाधान और नई टेक्नोलॉजी विकसित की जा रही हैं। मैं इस बात पर भी प्रकाश डालना चाहूँगी कि 'नई' किन्तु सरल और कम लागत वाली टेक्नोलॉजी जो भारत में बनाई गई हैं, विशेष रूप से गाँवों में बनी हैं। इनमें बिहार में बाढ़ग्रस्त नदी को पार करने के लिए बनाई गई साइकिल-बोट (**चित्र-6** देखिए) और प्राकृतिक रूप से पाई जाने वाली लाल लेटराईट मिट्टी से बनाया गया एक कम लागत वाला पानी का फिल्टर शामिल है। फ़सलों को कीटों और सूखे से बचाने के लिए बनाया गया एक कम लागत वाला 'ग्रीन हाउस बॉक्स' (**चित्र-7** देखिए) और जंगली जानवरों को मानव बस्तियों से दूर रखने के लिए पुणे, महाराष्ट्र के विद्यार्थियों द्वारा बनाई गई फ्लेम टॉर्च ऐसे नवीन आविष्कारों के कुछ अन्य उदाहरण हैं।

यह सभी आविष्कार न सिर्फ़ मनुष्यों की सृजनशीलता की वजह से सम्भव हो पाए हैं, बल्कि समस्या को सुलझाने के लिए अपनाए गए अन्तर्विषयी दृष्टिकोण के परिणामस्वरूप भी ऐसा हो पाया है। इस तरह का एक दृष्टिकोण बच्चों और वयस्कों को समस्या को सुलझाने के लिए विज्ञान के कई विषयों की जानकारी, तकनीकों और विचारों को आज़माने की अनुमति देता है। स्कूल में विज्ञान सीखने-सिखाने के दौरान इस तरह के अवसरों की पेशकश करने से बच्चों को कम उम्र से ही ज्ञान के अलग-अलग क्षेत्रों के बीच सम्बन्ध बनाने में प्रशिक्षित करने में मदद मिल सकती है। नतीजतन हम पृथ्वी पर जीवन और विज्ञान की बेहतरी के लिए शोध और समस्याओं को सुलझाने में अन्तर्विषयी दृष्टिकोण की ताक़त के प्रभाव को महसूस कराने में बेहतर रूप से समर्थ हो सकते हैं।

मुख्य बिन्दु

- शिक्षा या शोध में एक अन्तर्विषयी दृष्टिकोण में दो या अधिक शैक्षिक विषयों के ज्ञान का एकीकरण शामिल होता है।
- कुछ सबसे शानदार और पथ-प्रवर्तक वैज्ञानिक खोजें (उदाहरण के लिए डीएनए की संरचना, वेल्क्रो, रोबोट्स, ग्रीन हाउस बॉक्स, पानी और ज़मीन दोनों पर चलने वाली साइकिल इत्यादि) वैज्ञानिकों द्वारा अपनी विशेषज्ञता के विशिष्ट कार्यक्षेत्रों की सीमाओं से परे जाकर की गई हैं।
- किसी समस्या को सुलझाने के लिए स्कूली विज्ञान के कई विषयों की जानकारी, तकनीकों और विचारों को आज़माने के अवसर देने से बच्चों के दिमाग़ों को कम उम्र से ही ज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों के बीच सम्बन्ध बनाने में प्रशिक्षित करने में मदद मिल सकती है।
- विभिन्न परिप्रेक्ष्यों से किसी एक प्रणाली का अध्ययन करने से हमें उसकी समग्र समझ विकसित करने में मदद मिलती है और यह हमें हटकर सोचने व अनूठे समाधान खोजने के लिए विविध स्रोत्रों को देखने में समर्थ बनाता है। कम उम्र में ही इस दृष्टिकोण के साथ काम करना जटिल समस्याओं को हल करने और आगे चलकर जीवन के निर्णयों को लेने में सहायक होता है।
- इस विधा से विज्ञान सीखने के कई फ़ायदे हैं – जिसमें विवेचनात्मक सोच में बढ़ावा, अस्पष्टता को लेकर सहनशीलता, पूर्वाग्रहों की पहचान और नैतिक सोच की प्रशंसा कर पाना शामिल है।

Note: Image used in the background of the article title – A hook-and-loop Velcro fastener. Credits: Kamran Iftikhar, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hook_and_loop_fastener_-_macro_photograph_of_%22hooks%22.jpg. License: CC-BY-SA.

References:

1. Repko, Allen F. (2009). 'Assessing Interdisciplinary Learning Outcomes'. Working Paper, School of Urban and Public Affairs, University of Texas at Arlington.
2. Kavaloski, V. (1979). 'Interdisciplinary Education and Humanistic Aspiration: A Critical Reflection'. Joseph Kockelmans ed. 'Interdisciplinarity and Higher Education'. University Park, PA: The Pennsylvania State University Press.
3. Field, M., Lee, R., and Field, M.L. (1994). 'Assessing Interdisciplinary Learning.' New Directions in Teaching and Learning, 58: 69-84.

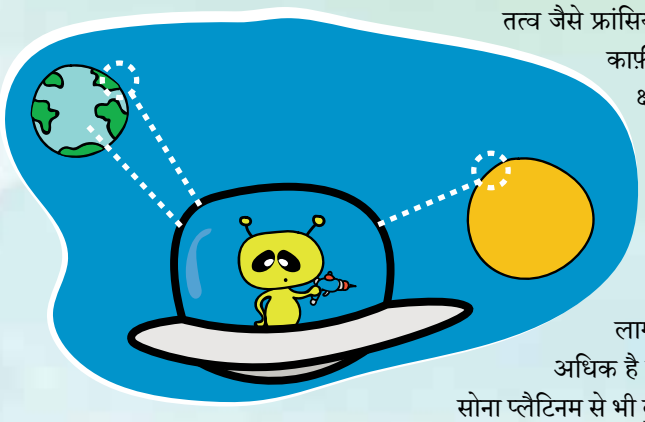
धनश्री परांजपे वर्तमान में आबासाहेब गरवारे कॉलेज, पुणे के जैवविविधता विभाग से जुड़ी हुई हैं। उनके शोध क्षेत्रों में पारिस्थितिकी, उद्विकास एवं जन्तु व्यवहार शामिल है। विज्ञान-संचार व आउटरीच में भी उनकी रुचि है। उनसे dhana4shree@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अर्पिता पाण्डेय **कॉपी एडिटर :** कविता तिवारी

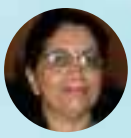
दुर्लभ एवं प्रचुर मात्रा में पाए जाने वाले तत्व

पृथ्वी पर सबसे प्रचुर मात्रा में पाए जाने वाले तत्व कौन-कौन-से हैं? आश्चर्यजनक रूप से, इस सवाल के कई जवाब हो सकते हैं। पृथ्वी की पर्पटी में सबसे प्रचुर मात्रा में जो तत्व हैं – वह हैं ऑक्सीजन (क्या आपका अन्दाज़ा सही था?), सिलिकॉन, एल्युमिनियम, आयरन, कैल्सियम, सोडियम, पोटैशियम और मैग्नीशियम (घटते क्रम में)। पर सम्पूर्ण रूप में देखा जाए तो, पृथ्वी का निर्माण 32.1% आयरन से, 30.1% ऑक्सीजन से और 15.1% सिलिकॉन आदि से हुआ है। यह अन्तर इसलिए है क्योंकि पृथ्वी के अन्तर्भाग (कोर) और पर्पटी में तत्वों का वितरण अलग-अलग है।

पृथ्वी पर मौजूद सबसे दुर्लभ तत्व के बारे में क्या विचार है? प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले तत्वों में यह दुर्लभ तत्व एस्टैटीन (At) है, जो एक रेडियोसक्रिय हैलोजन है। किसी भी समय पृथ्वी पर इसकी मात्रा केवल 28.35 ग्राम ही होती है। सचमुच यह बहुत छोटी मात्रा है। अन्य रेडियोसक्रिय तत्व जैसे फ्रांसियम, टेक्नीशियम, पोलोनियम, रेडियम, एक्टीनियम और प्रोटैक्टिनियम भी काफ़ी कम मात्रा में पाए जाते हैं। हो सकता है कि मूल भण्डार में रेडियोसक्रिय क्षय के कारण इनकी मात्रा आज के समय में घटकर नगण्य रह गई है। हम यह भी जानते हैं कि कुछ 'बहुमूल्य धातु' काफ़ी दुर्लभ होती हैं। इनके ऊँचे दाम सिर्फ़ इनकी अत्यधिक माँग के अलावा इनकी दुर्लभता की वजह से भी होते हैं। इन दुर्लभ धातुओं में सबसे दुर्लभ धातु इरीडियम है। इसके बाद क्रमश: गोल्ड (सोना), रोडियम, पैलेडियम, फ्लैटिनम और सिल्वर (चाँदी) दुर्लभ धातुएँ हैं। इन दुर्लभ धातुओं के बाज़ार भाव इनके निष्कर्षण की लागत पर भी निर्भर करते हैं। इसलिए, प्लैटिनम का दाम गोल्ड (सोना) से भी अधिक है क्योंकि गोल्ड की अपेक्षा प्लैटिनम का निष्कर्षण ज्यादा कठिन है, जबकि सोना प्लैटिनम से भी दुर्लभ धातु है।



अकसर हम यह मान लेते हैं कि प्रचुर मात्रा में पाए जाने वाले तत्व और दुर्लभ तत्वों से आशय सिर्फ़ पृथ्वी पर पाए जाने वालों तत्वों से ही है। क्या कभी सौर मण्डल के तत्वों पर विचार किया है? आज, हम जानते हैं कि सौर मण्डल में सबसे प्रचुर मात्रा में जो तत्व है, वह है हाइड्रोजन (70.5%), इसके बाद हीलियम (27.5%) और फिर कार्बन (~0.6%)। हाइड्रोजन और हीलियम की अधिकांश मात्रा सूर्य में ही है। हाइड्रोजन ब्रह्माण्ड में भी सबसे प्रचुर मात्रा में पाया जाने वाला तत्व है, जो उसके द्रव्यमान का लगभग 73.9% है। इसके बाद हीलियम (~24%), ऑक्सीजन (~0.1%) और कार्बन (~0.046%) आते हैं। बाक़ी के तत्वों की मौजदूगी लेश मात्र है। ध्यान रहे, तत्वों के वितरण सम्बन्धित इन आँकड़ों में अदृश्य पदार्थ (डार्क मैटर) और अदृश्य ऊर्जा को शामिल नहीं किया गया है। यह वितरण ब्रह्माण्ड में उपस्थित दृश्य पदार्थों से ही सम्बन्धित है।



जयालक्ष्मी अय्यर ने यूनिवर्सिटी ऑफ़ शिकागो, अमेरिका से पीएचडी प्राप्त की है। वे गुजरात नर्मदा वैली फर्टिलाइज़र्स एण्ड केमिकल्स कम्पनी लिमिटेड में बतौर वैज्ञानिक कार्य कर चुकी हैं। वे नर्मदा नगर कम्यूनिटी साइंस सेंटर के विज्ञान प्रसार एवं सम्प्रेषण से सम्बन्धित क्रियाकलापों के साथ जुड़ी हुई हैं। जया से jayayyer@yahoo.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

जीवविज्ञान सीखने का एक दूधिया तरीक़ा

रोहिणी करन्दीकर

दही जमाने के सरल और रोज़मर्रा के काम में जीवविज्ञान (सूक्ष्मजैविक किण्वन), रसायन विज्ञान (दूध के लैक्टोज़ का लैक्टिक एसिड में रूपान्तरण) और भौतिकी (एसिड द्वारा दूध के प्रोटीन का स्कन्दन) में पढ़ाई जाने वाली अवधारणाएँ शामिल हैं। क्या हम इस प्रक्रिया का उपयोग प्रत्यक्ष अनुभव द्वारा यह समझने में कर सकते हैं कि वैज्ञानिक कैसे सोचते हैं?

विज्ञान करना वैज्ञानिक पद्धति और यह समझने का एक शक्तिशाली तरीक़ा हो सकता कि वैज्ञानिक होने का अर्थ क्या है। वैज्ञानिक प्रक्रिया के अनुप्रयोग प्रयोगशालाओं से परे हमारे रोज़मर्रा के जीवन में भी होते हैं। इसका एक अनुप्रयोग दही के जमने को समझने में है (देखें **बॉक्स-1**)।

दही जमाना सदियों से चला आ रहा है, जो दुनिया के कई हिस्सों में आम है और यह निस्सन्देह बारम्बार अवलोकन, भविष्यवाणी और जाँच के माध्यम से विकसित हुआ है। रोज़मर्रा की यह प्रक्रिया उन जिज्ञासु युवा विद्यार्थियों को सीखने के बहुत सारे अवसर प्रदान करती है जिन्होंने जीवविज्ञान की दुनिया की जाँच-पड़ताल की शुरुआत भर की है। उदाहरण के लिए, क्या आपने कभी सोचा है कि 'नया' दही प्राप्त करने के लिए हमें हमेशा 'पुराने' दही की थोड़ी मात्रा की आवश्यकता क्यों होती है? या, क्या दूध को लम्बे समय तक बिना छेड़े छोड़ देने भर से दही हो जाएगा? या, दूध का तापमान या मौसम क्यों दही के जमने की दर को प्रभावित करता है? दही जमाने से जुड़े इन और कई अन्य ऐसे सवालों का जवाब सरल, कम-लागत वाले प्रयोगों के माध्यम से दिया जा सकता है। ज़रूरत शायद सिर्फ़ एक छोटी-सी जगह, निरीक्षण करने की प्रेरणा और दूध और दही के साथ खेलने (और बाद में सफ़ाई) की इच्छा की है। ये प्रयोग विद्यार्थियों को वैज्ञानिक पद्धति से परिचित कराने के अलावा, जीवविज्ञान के कई विषयों से रूबरू करवाते हैं (देखें **बॉक्स-2**)।

बॉक्स-1 : मूल बिन्दुओं पर एक नज़र

- इस लेख में (और भारत में) 'दही' शब्द का अर्थ दूध में दही (या छाछ) की थोड़ी-सी मात्रा मिलाने पर प्राप्त होने वाले किण्वित उत्पाद से है। इसे दुनिया के कुछ अन्य हिस्सों में योगर्ट कहा जाता है।
- दही बैक्टीरिया की कई प्रजातियों के कारण बनता है, जैसे लैक्टोबैसिलस प्रजातियाँ, लैक्टोकोकस प्रजातियाँ और स्ट्रेप्टोकोकस प्रजातियाँ, जो दूध में उपस्थित लैक्टोज़ को लैक्टिक एसिड (जो दही को खट्टा बनाता है) में बदल देती हैं। इन बैक्टीरिया को सामूहिक रूप से लैक्टिक एसिड बैक्टीरिया (या LAB) कहते हैं।

लोग दही कैसे जमाते हैं?

आदर्श रूप से इस गतिविधि को एक दिन पहले बता दिया जाना चाहिए। विद्यार्थियों के साथ सम्बन्धित गतिविधि (देखें **गतिविधि शीट : लोग दही कैसे जमाते हैं?**) को गृहकार्य के रूप में साझा करें। उन्हें 'विज्ञान रिपोर्टर' के विचार से परिचित कराएँ और पूछें कि वे क्या खोजने की उम्मीद करते हैं।

एक बार जब विद्यार्थी इस गतिविधि को पूरा कर लेते हैं, तो उन्हें इस बात पर विचार करने के लिए प्रोत्साहित करें कि वे इस गतिविधि से सीखी बातों का परीक्षण कैसे करेंगे। इस चर्चा का उपयोग परिकल्पना की अवधारणा से परिचित कराने के लिए किया जा सकता है। दही जमाने की प्रक्रिया के अलावा, इस गतिविधि का उपयोग विज्ञान और समाज के सम्बन्धों पर चर्चा करने के लिए भी किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, क्या विज्ञान प्रयोगशालाओं तक सीमित है? क्या विज्ञान से सम्बन्धित किसी भी प्रकार का पेशेवर प्रशिक्षण नहीं रखने वाले लोग भी अपने रोज़मर्रा के जीवन में वैज्ञानिक पद्धति से जुड़ने में सक्षम हैं?

दूध से दही कैसे अलग है?

अपने विद्यार्थियों के साथ दूध और दही के अन्तर पर चर्चा करें। एक बार जब वे किसी साझा समझ पर पहुँच जाए, तो उनसे पूछें कि क्या वे दो तरल पदार्थों के बीच बिना चखे अन्तर करने की विधि बता सकते हैं (विद्यार्थियों को प्रयोगशाला में कुछ भी चखने से रोका जाना चाहिए)।

बॉक्स-2 : स्कूल विज्ञान पाठ्यक्रम से जुड़ाव

यहाँ वर्णित दही जमाने के प्रयोग निम्नलिखित अवधारणाओं से जुड़ाव रखते हैं :

- एनसीईआरटी कक्षा VIII के अध्याय : 'सूक्ष्मजीव-मित्र और शत्रु' में किण्वन, भोजन परिरक्षण और सूक्ष्मजीव विज्ञान से;
- एनसीईआरटी कक्षा VI के अध्याय : 'हमारे चारों ओर के परिवर्तन' में भौतिक परिवर्तन, उत्क्रमणीय और अनुत्क्रमणीय परिवर्तन से;
- एनसीईआरटी कक्षा VII के अध्याय में पीएच, अम्ल और क्षार से।

इससे सम्बन्धित गतिविधि को करने के लिए विद्यार्थियों को 3-4 के समूहों में काम करने के लिए प्रोत्साहित करें (देखें **गतिविधि शीट : दूध से दही कैसे अलग है?**)। विद्यार्थी शायद कहें कि दही दूध की तरह बहता नहीं है, इसकी गन्ध खट्टी है, और इसका पीएच कम है। दूध का धब्बा दही (जो दानेदार/गुच्छेदार प्रतीत होता है) की तुलना में अधिक चिकना होता है और दूध के धब्बे की प्रवृत्ति केन्द्र के इर्द-गिर्द इकट्ठा होने की होती है। यह गतिविधि विज्ञान में अवलोकन के लिए उपयोग किए जाने वाले 'अनेक इन्द्रियों' और 'विस्तारित साधनों' जैसे विषयों पर चर्चा को बढ़ावा देने में भी उपयोगी हो सकती है।

दूध का दही में बदलना

विद्यार्थियों से दूध को दही में बदलने की प्रक्रिया का वर्णन करने को कहिए। पुराने दही की थोड़ी-सी मात्रा दूध में मिलाकर नया दही प्राप्त करने की प्रचलित प्रक्रिया के बारे में विद्यार्थियों को बताइए – कितने विद्यार्थियों ने इस प्रक्रिया का अवलोकन किया है? पुराने दही में क्या होता है जो दूध को नए दही में बदल देता है? पुराना दही दूध में रासायनिक बदलाव करता है या जैविक?

विद्यार्थियों के साथ सम्बन्धित गतिविधि शीट (देखें **गतिविधि शीट : दही जमाना**) साझा करें। उन्हें 3-4 के समूहों में काम करते हुए एक प्रयोग की रूपरेखा तैयार करने को प्रोत्साहित करें जिससे यह पता चल सके कि दही जमाने की ठीक-ठीक परिस्थितियाँ क्या हैं। इस गतिविधि को पूरा होने में कम-से-कम 5-6 घण्टे लगेंगे। यदि सम्भव हो, तो प्रयोग को दिन की शुरुआत में ही शुरू करके ऊष्मायन (incubations) को आखिरी पीरियड तक चलाना अच्छा रहेगा। संवर्धनों (cultures) का नियमित अन्तराल पर अवलोकन करना होगा, प्रत्येक समूह के विद्यार्थी बारी-बारी से इसकी ज़िम्मेदारी ले सकते हैं। जब विद्यार्थी एक बार इस गतिविधि को पूरा कर लें, तो चर्चा करें कि उन्होंने इससे क्या सीखा है। प्रत्येक समूह को अपने प्रयोग की रूपरेखा और परिणाम साझा करने के लिए कहा जा सकता है, और पूरी कक्षा को प्रत्येक प्रयोग में समानता और अन्तर के बिन्दुओं की पहचान करने के लिए प्रोत्साहित किया जा सकता है। विद्यार्थी सम्भवत: यह कहें कि भले ही दूध रखे-रखे गाढ़ा हो जाए पर वह दही नहीं बन जाता है। हालाँकि दूध का गाढ़ा होना, देखने में दही जैसा लगता है, लेकिन यह दूध के बैक्टीरिया द्वारा ख़राब होने का परिणाम है, ये बैक्टीरिया दूध, हवा, जिस बर्तन में दूध रखा है उसमें होते हैं और/या रखरखाव के दौरान आ जाते हैं। दूध में पुराना दही मिलाकर, हम पुराने दही में उपस्थित लैक्टिक एसिड बैक्टीरिया को वृद्धि करने का, लैक्टिक एसिड का उत्पादन करने का मौका देते हैं और भोजन को ख़राब करने वाले बैक्टीरिया के विकास को रोकते हैं। यह गतिविधि 'मानकीकरण' और विज्ञान के लिए इसकी प्रासंगिकता विषय पर चर्चा शुरू करने में भी उपयोगी हो सकती है।

क्या करें यदि आपके पास पुराना दही नहीं है?

एक आम धारणा है कि अग़र आपके पास पुराना दही नहीं है, तो आप दूध को दही में बदलने के लिए उसमें कुछ मात्रा में नींबू का रस या एक हरी मिर्च मिला सकते हैं।

विद्यार्थियों से हाथ खड़ेकर इस प्रश्न का उत्तर देने को कहें : *"आप में से कितने विद्यार्थी मानते हैं कि यह तरीक़ा काम करेगा?"* विद्यार्थियों के साथ सम्बन्धित गतिविधि शीट (देखें **गतिविधि शीट : नए सिरे से दही जमाने के लिए जामन/स्टार्टर?**) साझा करें और उन्हें 3-4 के समूहों में बाँटकर इस परिकल्पना का परीक्षण करने के लिए प्रोत्साहित करें। एक बार जब विद्यार्थी इस प्रयोग को पूरा कर लेते हैं तो पहले पूछे गए प्रश्न को दोहराइए और पुनः उन्हें हाथ उठाकर उत्तर देने को कहिए। विद्यार्थियों को इस बात पर सोचने के लिए प्रोत्साहित कीजिए कि किस बात ने उन्हें अपना विचार बदलने के लिए राज़ी किया। यह सम्भावना है कि विद्यार्थी इस बात पर ज़ोर देंगे कि नया दही केवल दूध में पुराने दही की कुछ मात्रा (लैक्टिक एसिड बैक्टीरिया का स्रोत) मिलाने से ही बनता है। दूध में नींबू का रस या मिर्च डालने से दूध में उपस्थित केसिन अवक्षेपित हो जाता है जिसके फलस्वरूप पनीर या कॉटेज चीज़ बनता है, लेकिन दही नहीं। अतः इन स्टार्टर्स से रासायनिक परिवर्तन होता है – अम्ल द्वारा केसिन का अवक्षेपण। इसके विपरीत, स्टार्टर के रूप में दही के उपयोग से जैविक परिवर्तन होता है – सूक्ष्मजैविक प्रक्रिया द्वारा दूध का दही में किण्वन। यह गतिविधि वैज्ञानिक प्रयोगों में 'कण्ट्रोल (तुलना के प्रावधान)' की अवधारणा पर चर्चा शुरू करने में भी उपयोगी हो सकती है (देखें **बॉक्स-3**)।

बॉक्स-3 : प्रयोग में तुलना का प्रावधान

तुलना के प्रावधान यह साबित करने में मदद करते हैं कि चुना गया हस्तक्षेप (उदाहरणार्थ दूध में दही की थोड़ी-सी मात्रा मिलाना) ही अध्ययन किए जा रहे प्रभाव का कारण है (उदाहरणार्थ परिणामस्वरूप दही के एक नए बैच का निर्माण)। इस प्रयोग में, बीकर 2 (जिसमें दूध में थोड़ी मात्रा में दही मिलाया जाता है) वह 'सकारात्मक नियंत्रण' है क्योंकि हमने अपने पिछले प्रयोग में इसे अनुकूलतम स्थिति के रूप में निर्धारित किया है, और हमें यक़ीन है कि इस स्थिति में दही का निर्माण होगा। इसके विपरीत, बीकर 1 (जिसमें दूध में कुछ भी नहीं मिलाया जाता है) वह 'नकारात्मक नियंत्रण' है। हम जानते हैं कि इस बीकर में दूध दही में नहीं बदलेगा। विभिन्न प्रश्नों जैसे : *"यह तुलना के प्रावधान कितने महत्त्वपूर्ण हैं? बिना ऐसे प्रावधान वाले किसी प्रयोग से प्राप्त हमारा निष्कर्ष कितना सही है?"* की मदद से तुलनाशुदा प्रयोगों की भूमिका पर चर्चा की जा सकती है ।

क्या दूध का तापमान मायने रखता है?

दही के निर्माण के लिए कुछ निश्चित पर्यावरणीय और भौतिक परिस्थितियों की आवश्यकता होती है। अधिकांश विद्यार्थी यह जानते होंगे कि जब पुराने दही को गुनगुने दूध में मिलाया जाता है और इसे किसी गर्म स्थान पर रखा जाता है तो दही जल्दी जमता है। कुछ विद्यार्थी शायद कहें कि 'गुनगुने' की बजाय 'गर्म' होना चाहिए। तब विद्यार्थियों को एक परिकल्पना बनाने के लिए कहा जा सकता है, जैसे : *"क्या हम कह सकते हैं कि दूध का तापमान जितना अधिक होगा, दही उतनी जल्दी जमेगा?"* विद्यार्थियों के साथ सम्बन्धित गतिविधि शीट (देखें **गतिविधि शीट : क्या दूध का तापमान मायने रखता है?**) साझा करें और उन्हें 3-4 के समूहों में इस परिकल्पना की जाँच करने को प्रोत्साहित करें। विद्यार्थी जब अपने अवलोकन दर्ज कर लें, तो उनसे पूछें कि क्या वे अपनी परिकल्पना को बदलना चाहते हैं। इसके बाद एक परिचर्चा आयोजित की जा सकती है : *"तापमान का वो परास क्या है जिसमें दही सबसे जल्दी जमा? क्यों?"*

दूध को किण्वित कर दही बनाने वाले बैक्टीरिया मानव आँत में भी पाए जाते हैं। वे हमारे शरीर के तापमान (लगभग 37° सेंटीग्रेड) पर अच्छी तरह से वृद्धि करते हैं। इसलिए, इस तापमान पर गर्म किए गए दूध का उपयोग इन जीवाणुओं को ऐसी स्थिति प्रदान करने में मदद करता है जो उनके विकास और संख्यावृद्धि के लिए इष्टतम हैं। दूसरी ओर, ऐसे दूध का उपयोग करना जो बहुत गर्म है (> 45° सेंटीग्रेड) इन जीवाणुओं को मार देगा और दही प्राप्त करने की सम्भावना कम कर देगा। ठण्डा दूध बैक्टीरिया की वृद्धि में बाधा डालता है और दही बनने की दर को काफ़ी धीमा कर देता है। इसी प्रकार, पुराना दही मिले हुए दूध वाले बर्तन को गर्म जगह जैसे कि गर्म पानी के अन्दर या 37° सेंटीग्रेड पर सेट किए गए इनक्यूबेटर में रखने से दही जमने की प्रक्रिया की गति बढ़ जाती है क्योंकि इसके परिणामस्वरूप एक ऐसा वातावरण निर्मित हो जाता है जिसमें लेक्टोबेसिलस बैक्टीरिया अच्छी तरह से फलते-फूलते हैं। इस प्रकार, यह प्रयोग जैविक प्रक्रियाओं में तापमान के महत्त्व को प्रदर्शित करने में मदद करता है।

यहाँ शिक्षक यह भी पूछ सकते हैं : *"यदि बीकरों में असमान मात्रा में दही मिलाया जाए तो क्या होगा?"* इसका जवाब है – ऐसा करने पर हम यह निर्धारित नहीं कर पाएँगे कि दही के बनने पर दही की मात्रा का प्रभाव था या तापमान का। यह प्रयोग एक समय में केवल एक कारक (यहाँ तापमान) को बदलने की आवश्यकता पर ज़ोर देता है। यह ठीक वैसा ही है, जैसे वैज्ञानिक विधि सभी अन्य कारकों को स्थिर रखते हुए, एक समय में केवल एक चर को बदलकर काम करती है।

चलते-चलते

यह सारे प्रयोग दही बनाने में विभिन्न कारकों की भूमिका को उजागर करने में मदद करते हैं। ऐसा करते हुए कुछ दिलचस्प सवाल

बॉक्स-4 : दूध के स्रोतों पर प्रयोग और अन्य योजकों के प्रभाव

विभिन्न प्रकार के दूध से दही जमाने में क्या अन्तर होता है यह जानने के लिए विद्यार्थियों को प्रयोगों के डिज़ाइन और क्रियान्वयन के लिए प्रोत्साहित किया जा सकता है :

- गाय, बकरी, भैंस, भेड़, ऊँट, और घोड़े आदि विभिन्न जानवरों का दूध।
- विभिन्न प्रकार से उपचारित दूध (जैसे ताज़े, उबले हुए, पास्चुरीकृत, या टेट्रा-पैक में संग्रहित दूध)।
- दूध में विभिन्न योजक जैसे चॉकलेट पाउडर, पोषक पदार्थ आदि मिलाने पर।

उठते हैं। उदाहरण के लिए, यदि एक दिन के भीतर दूध का सेवन न किया जाए, तो दूध ख़राब हो जाता है। लेकिन अगर इसे दही में बदल दिया जाए तो यह अधिक समय तक ताज़ा बना रहता है। तो, क्या किण्वन भी खाद्य परिरक्षण की प्रक्रिया नहीं है? विद्यार्थी समझने लगते हैं कि ताज़ा दही जीवाणुओं का एक जीवित स्रोत है, और दूध को दही में बदलना 'पालतू' सूक्ष्म जीवाणुओं के पालन की प्रक्रिया के समान है। इस प्रकार, ये प्रयोग करके विद्यार्थियों को यह समझने में मदद मिलेगी कि यह छोटे जीव क्या पसन्द करते हैं या नापसन्द करते हैं।

हालाँकि यह लेख प्रयोगों की रूपरेखा प्रदान करता है परन्तु जब भी सम्भव हो यह सबसे अच्छा होगा कि विद्यार्थियों को स्वयं अपनी प्रायोगिक रूपरेखा बनाने के लिए प्रोत्साहित किया जाए (देखें **बॉक्स-4**)। ऐसा हो सकता है कि विद्यार्थियों को अपने स्वयं के प्रयोगों की रूपरेखा बनाने में कुछ समय लगे, लेकिन ऐसा करने से उन्हें वैज्ञानिक पद्धति को समझने में मदद मिलेगी। इससे न केवल विद्यार्थियों को अपने प्रयोगों के प्रति अपनेपन की भावना महसूस होगी, बल्कि इससे उन्हें 'सजीव शैक्षिक साधनों' के रूप में सरल संसाधनों जैसे कि दूध और दही, के उपयोग के कई तरीक़ों की खोज करने में भी मदद मिलेगी।

मुख्य बिन्दु

- विज्ञान के व्यावहारिक अनुप्रयोग विद्यार्थियों को वैज्ञानिक पद्धति से परिचित कराने के लिए एक शक्तिशाली साधन प्रदान करते हैं।
- दही जमाना हमारे दैनिक जीवन में वैज्ञानिक प्रक्रिया का एक अनुप्रयोग है।
- वैज्ञानिक पद्धति के विभिन्न पहलुओं, जैसे परिकल्पना बनाना, मानकीकरण और नियंत्रण को दही जमाने से जुड़ी गतिविधियों के माध्यम से उभारा जा सकता है।
- इन गतिविधियों का उपयोग विज्ञान-समाज सम्बन्धों पर चर्चा करने के लिए भी किया जा सकता है।

आभार : लेखिका टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ़ सोशल साइंसेज, हैदराबाद कैम्पस के एसोसिएट प्रोफ़ेसर डॉ. रितेश खुन्याकारी से इस शिक्षण इकाई के विकास के साथ-ही-साथ प्रस्तुत लेख के दौरान प्राप्त मूल्यवान इनपुट के लिए आभारी हैं। वे उन सभी विद्यार्थियों को भी धन्यवाद देना चाहेंगी जिन्होंने फील्ड ट्रायल में भाग लिया और शिक्षक और विज्ञान प्रतिभा टीम के सदस्य जिन्होंने इस शिक्षण इकाई के विकास पर बहुमूल्य जानकारी और प्रतिक्रिया प्रदान की।

Notes:

1. This article is based on a learning unit – 'The journey from milk to curd' developed as a part of the Vigyan Pratibha programme of HBCSE. Vigyan Pratibha is a talent nurture program in science and maths for Grade VIII-X students from diverse backgrounds of Kendriya Vidyalayas, Jawahar Navodaya Vidyalayas and Atomic Energy Central Schools. The programme is aimed towards developing a deeper understanding of concepts and critical thinking skills by providing students with tasks which go beyond textbook-based classroom teaching. Teachers' Notes. (URL: https://vp.hbcse.tifr.res.in/wp-content/uploads/2018/12/The_Journey_from_milk_to_curd_teacher.pdf) and Students' Worksheets (URL: https://vp.hbcse.tifr.res.in/wp-content/uploads/2018/12/The_Journey_from_Milk_to_Curd_student.pdf) for this learning unit are available online. Teachers need to register for access to Teachers' Notes.
2. Image used in the background of the article title – Curd (Sri Lanka). Credits: Ji-Elle, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curd-Sri_Lanka.jpg. License: CC-BY-SA.
3. Image used as a filler on Pg. 44 – *Lactobacillus paracasei*. Credits: Dr. Horst Neve, Max Rubner-Institut, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lactobacillus_paracasei.jpg. License: CC-BY-SA.

References:

1. 'Lactic Acid Bacteria and their Fermentation Products'. Montiville, T.J., Matthews K.R. and Kniel K.E. (2017). Food Microbiology: an Introduction, ASM Press.
2. 'Lactic Acid Bacteria'. World of Microbiology and Immunology. Retrieved May 11, 2019 from Encyclopedia.com: https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/lactic-acid-bacteria
3. 'A Milk Curdling Activity'. Lohner S. (2017). Scientific American. URL: https://www.scientificamerican.com/article/a-milk-curdling-activity/.

रोहिणी करन्दीकर होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र, TIFR मुम्बई में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं। फ़िलहाल वे विज्ञान प्रतिभा टीम और स्कूल साइंस रिसर्च एवं डेवलपमेंट पार्टिसिपेटरी एक्शन प्रोजेक्ट पर काम कर रहीं हैं। उनसे rohini@hbcse.tifr.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

लोग दही कैसे जमाते हैं?

आवश्यक सामग्री :

काग़ज़

पेन

क्या करना है :

1. *एक दिन के लिए पत्रकार बन जाएँ और अपने माता-पिता/दादा-दादी या अन्य से पूछकर पता लगाएँ कि वे दही कैसे जमाते हैं।*
2. *ऑन-लाइन खोज-बीन करके भी दही जमाने की विभिन्न विधियों तथा नया दही जमाने के समय ध्यान रखने वाली बातों का पता लगाएँ।*

दर्ज करें : *खोज-बीन से जो भी सीखा उसे नीचे बनी तालिका में दर्ज करें।*

कुछ प्रश्न	***आपने जो सीखा***
अच्छी तरह से जमा हुआ दही देखने, सूँघने और चखने पर कैसा लगता है?	
दही जमाने के लिए कौन-सा दूध अच्छा रहता है? (गाय, बकरी, पाश्चरीकृत दूध, वसायुक्त दूध, बिना वसा वाला दूध वगैरह)	
क्या दही जमाने के लिए दूध का किसी ख़ास तरीके से उपचार करना होता है? (जैसे कि ठण्डा करना, उबालना, गुनगुना गर्म करना)	
दही जमाने के लिए दूध में क्या डालना चाहिए?	
दही को जमने में कितना समय लगता है?	
पर्यावरण की कैसी परिस्थितियाँ दही जमने की प्रक्रिया को तेज़ या धीमा कर देती हैं?	
किस प्रकार का बर्तन (प्लास्टिक, स्टील, मिट्टी) उपयोग में लेने पर अच्छी गुणवत्ता वाला दही जमता है?	
*	
*	

*नोट : * से चिह्नित पंक्ति का उपयोग उन प्रश्नों को लिखने के लिए करें जो आपको इस विषय पर कुछ सीखने की दृष्टि से उपयोगी लगते हों।*

चर्चा करें : *आपने दही बनने के बारे में जो कुछ सीखा, उस पर कक्षा में चर्चा करें। क्या आप दही बनने के बारे में तीन-चार ऐसी बातों की पहचान कर सकते हैं जिन्हें लेकर विभिन्न स्रोतों (आपके तथा आपके साथियों के स्रोतों) के बीच सहमति है :*

* .....
* .....
* .....
* .....

रचनाकार :
रोहिणी करन्दीकर होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं।
रितेश खुन्याकारी टाटा सामाजिक विज्ञान संस्थान, हैदराबाद में सह-प्राध्यापक हैं।
चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

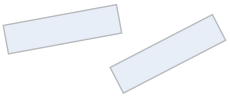
विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

दही और दूध में क्या अन्तर है?

आवश्यक सामग्री :

दूध

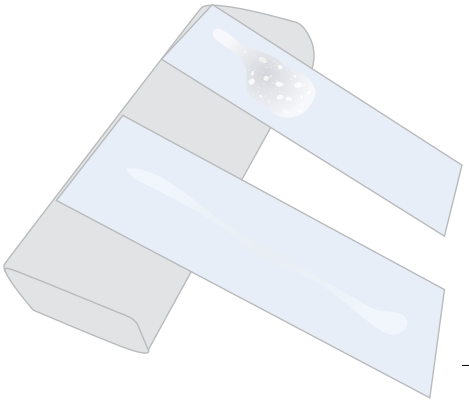
दही



काँच की 3-4 स्लाइड

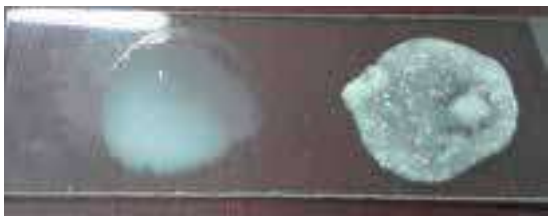
क्या करना है :

1. दूध और दही की गन्ध की तुलना करें। क्या आप दोनों की गन्ध को एक-एक शब्द में बयान कर सकते हैं? आपके साथियों ने इन्हें किन शब्दों में बयान किया?
2. दूध और दही की एक-एक बूँद को अलग-अलग काँच की स्लाइड पर डालें। दोनों स्लाइड को थोड़ा तिरछा करके पकड़ें और उनके बहने की गति की तुलना करें।
3. अब एक ही स्लाइड पर दूध और दही की एक-एक बूँद थोड़ी दूरी पर डालें। अब अपनी तर्जनी अँगुली के अग्रभाग को लगभग पाँच-छह बार गोल-गोल घुमाते हुए दोनों बूँदों को बारी-बारी से रगड़ें। दोनों धब्बों की तुलना करें।
4. दूध की एक बूँद pH पट्टी के एक छोर पर डालें। यही क्रिया दही के साथ दोहराएँ और दोनों की अम्लीयता की तुलना करें।



_____ दही की एक बूँद pH पट्टी के एक छोर पर डालें

_____ दूध की एक बूँद pH पट्टी के एक छोर पर डालें



फोटो में ऐसे नज़र आते हैं दूध (बाएँ) और दही (दाएँ)

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

दही और दूध में क्या अन्तर है?

दर्ज करें : *खोज-बीन से आपने जो भी सीखा उसे नीचे बनी तालिका में दर्ज करें।*

	दूध	दही
इसकी गन्ध कैसी है?		
यह कितना गाढ़ा/तरल है?		
यह कितना एकसार से फैलता? (क्या इसका धब्बा एकसार है या उसमें गुच्छे हैं? यह केन्द्र में अधिक गाढ़ा रहता है या किनारों की तरफ फैल जाता है?)		
इसका pH कितना है?		
अन्य		

चर्चा करें :

- क्या आप दही की एक बूँद की पहचान कर पाएँगे :
  1. उसकी गन्ध से?
  2. उसके बहने की गति से?
  3. उसके धब्बे के पैटर्न से?
  4. उसके pH से?
- आपको उपरोक्त में से दही की पहचान का सबसे भरोसेमन्द तरीक़ा कौन-सा लगता है? और क्यों?
- क्या आप दूध और दही में फ़र्क करने का कोई अन्य तरीक़ा सुझा सकते हैं?

रचनाकार :
रोहिणी करन्दीकर होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं।
रितेश खुन्याकारी टाटा सामाजिक विज्ञान संस्थान, हैदराबाद में सह-प्राध्यापक हैं।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर : कामिनी** उपाध्याय

i wonder...
Rediscovering school science
Azim Premji University

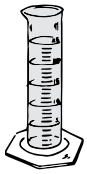
विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

दही जमाना

आवश्यक सामग्री :

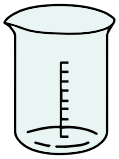
दूध

दही



नपनाघट

ड्रॉपर



बीकर या कटोरा

क्या करना है :

1. निम्नलिखित चीज़ों का उपयोग करते हुए छह घण्टे के भीतर दही जमाने की परिस्थितियों का पता लगाने के लिए एक प्रयोग की योजना बनाएँ :

   क. दूध का न्यूनतम आयतन

   ख. दही का न्यूनतम आयतन(जामन/जमावन)

   ग. दूध और जामन के आयतनों का आदर्श अनुपात

2. प्रयोग को व्यवस्थित करने के बाद बीकर/कटोरे को एक गर्म जगह पर रख दें।
3. बीकर/कटोरे में रखी सामग्री का हर एक घण्टे में अवलोकन करें और उस समय को दर्ज करें जब आपको पहली बार बीकर/कटोरे की सामग्री के गाढ़ेपन में कोई भी परिवर्तन दिखाई दिया।
4. हर एक घण्टे में अवलोकन जारी रखें और बीकर/कटोरे में रखी सामग्री के pH तथा गन्ध में परिवर्तन को दर्ज करें।

प्रयोग को जमाना :

बीकर/कटोरा क्रमांक	दूध का आयतन (मिली)	दही का आयतन (मिली)	ऊष्मायन तापमान
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

दही जमाना

अवलोकन : *अपने अवलोकनों के विवरण को नीचे बनी तालिका में दर्ज करें*

बीकर/कटोरा क्रमांक	*गाढ़ेपन में परिवर्तन (तरल/अर्ध-ठोस/ठोस) और pH (परिवर्तन दिखाई देने वाले समय के साथ)*
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	

चर्चा करें :

1. *क्या दूध में दही न मिलाने पर भी दही जम सकता है? क्यों?*
2. *आपके अनुसार दही जमाने के लिए दूध में थोड़ा दही डालना क्यों ज़रूरी है?*
3. *दही जमाने के लिए दूध और दही के आयतन का न्यूनतम अनुपात क्या होना चाहिए?*
4. *किस तरह से प्रयोग जमाने में दही जमने में सबसे कम समय लगा? इस व्यवस्था में दही जमने में कितना समय लगा?*
5. *आपने निम्नलिखित का संकेत सबसे पहले कब देखा :*
   - *क. गाढ़ेपन में परिवर्तन*
   - *ख. गन्ध में परिवर्तन*
   - *ग. pH में परिवर्तन*
6. *इस प्रयोग का उद्देश्य दूध से दही बनाना है। आपके अनुसार क्या दही से दूध बनाया जा सकता है, क्यों?*

रचनाकार :
रोहिणी करन्दीकर होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं।
रितेश खुन्याकारी टाटा सामाजिक विज्ञान संस्थान, हैदराबाद में सह-प्राध्यापक हैं।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर : कामिनी** उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

नए सिरे से दही जमाने के लिए जामन

आवश्यक सामग्री :

दूध

दही

नींबू का रस

लाल एवं हरी मिर्च

5 बीकर या कटोरे

करना क्या है (चरण) :

1. गुनगुने दूध की बराबर-बराबर मात्रा (लगभग 20 मिली प्रति बीकर) पाँचों बीकर में डाल दें।
2. बीकरों को क्रमशः 1, 2, 3, 4, 5 संख्या से नामांकित कर दें।
3. इनमें मिलाएँ :
   क. बीकर 2 के दूध में दही की कुछ बूँदें (लगभग 1 मि.ली.)
   ख. बीकर 3 के दूध में नींबू के रस की कुछ बूँदें
   ग. बीकर 4 के दूध में एक साबुत (पूरी) लाल मिर्च और इसका डण्ठल (मिर्च से अलग किया हुआ)
   घ. बीकर 5 के दूध में एक साबुत (पूरी) हरी मिर्च और इसका डण्ठल (मिर्च से अलग किया हुआ)
4. अलग-अलग चम्मच से बीकर 2-5 की सामग्री को अच्छी तरह मिलाएँ।
5. सभी बीकरों को कमरे के तापमान पर एक तरफ रख दें।
6. बीकर की सामग्री का क्रमशः 10 मिनट, 6 घण्टे तथा 12 घण्टे पर अवलोकन करें।

बीकर	समय	क्या दही जमा? (हाँ/ना)	अन्य अवलोकन (गन्ध, pH आदि)
1 केवल गुनगुना दूध	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		
2 गुनगुना दूध + दही	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

नए सिरे से दही जमाने के लिए जामन

बीकर	समय	क्या दही जमा? (हाँ/ना)	अन्य अवलोकन (गन्ध, pH आदि)
3 गुनगुना दूध + नींबू का रस	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		
4 गुनगुना दूध + साबुत लाल मिर्च और इसका अलग किया हुआ डण्ठल	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		
5 गुनगुना दूध + साबुत हरी मिर्च और इसका अलग किया हुआ डण्ठल	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		

चर्चा करें :

1. बीकर 2 तथा 5 के पदार्थ की भौतिक अवस्था, pH या गन्ध में कोई समानता है? यदि हाँ तो क्या?
2. क्या अन्य किसी भी बीकर की सामग्री बीकर क्रमांक 1 के समान है? कैसे और प्रयोग के किस समय पर?
3. बीकर 2 तथा 5 की सामग्री में क्या अन्तर है? किस समय पर यह अन्तर स्पष्ट रूप से दिखा?
4. क्या हम ऐसी किसी भी चीज़ से दूध से दही जमा सकते हैं जो दूध की अम्लीयता को बढ़ा दे? क्यों?
5. आपके अनुसार दही+मिर्च या दही+नींबू का रस या दही, मिर्च+नींबू के रस का एक साथ प्रयोग करके दही जमने की प्रक्रिया को किसी भी प्रकार से बदल सकते हैं? कैसे और क्यों ?
6. अपने पूर्वानुमान की जाँच के लिए क्या आप एक प्रयोग की योजना बना सकते हैं?

ज़रा सोचें :

आपके अनुसार क्या होगा यदि आप :

1. पहले चरण में ठण्डा या उबलता हुआ दूध लेंगे?
2. चरण 3 क में ताज़ा/ एक दिन पुराना/ 2 दिन पुराना/ 3 दिन पुराना दही इस्तेमाल में लेंगे?
3. चरण 3 क में किसी दुकान से खरीदे गए पाश्चुरीकृत दही का उपयोग करेंगे?
4. चरण 3 क में मिलाने से पहले दही को उबाल लेंगे?
5. चरण 3 ख में नींबू के रस की दुगनी या तिगुनी मात्रा लेंगे?
6. चरण 3 ग और 3 घ में डण्ठल को मिर्ची से नहीं हटाएँगे?
7. चरण 4 को छोड़ देंगे?

रचनाकार :
रोहिणी करन्दीकर होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं।
रितेश खुन्याकारी टाटा सामाजिक विज्ञान संस्थान, हैदराबाद में सह-प्राध्यापक हैं।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर : कामिनी** उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट

क्या दूध के तापमान से फ़र्क पड़ता है?

आवश्यक सामग्री :

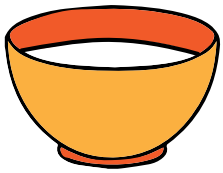
60 मिली ताज़ा दूध

3 मिली दही

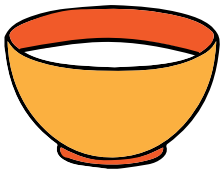
तीन कटोरे या बीकर

क्या करना है (चरण) :

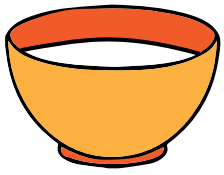
1. कटोरों को क्रमशः संख्या 1, 2 और 3 से नामांकित कर दें।
2. प्रत्येक कटोरे में निम्नानुसार 20-20 मिली दूध डालें :
   - क. कटोरा 1 में फ्रिज में ठण्डा किया हुआ दूध।
   - ख. कटोरा 2 में उबला हुआ गर्म दूध।
   - ग. कटोरा 3 में गुनगुना दूध : उँगली से छूने पर पर्याप्त गर्म लगे।
3. सारे कटोरों में एक-एक मिली दही मिलाएँ।
4. अलग-अलग चम्मच से प्रत्येक कटोरे की सामग्री को अच्छी तरह से मिलाएँ।
5. तीनों कटोरों को कमरे के तापमान पर रख दें।
6. कटोरों की सामग्री की क्रमशः 10 मिनट, 6 घण्टे तथा 12 घण्टे पर जाँच (गन्ध, तरलता, धब्बे की हालत और pH) करें।



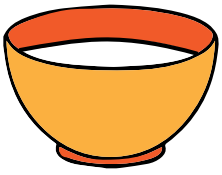
गुनगुना दूध+दही
37-40·c



गर्म दूध+ दही
>45·c



ठण्डा दूध+दही
4-10·c



केवल दूध

अवलोकन : अपने अवलोकनों के विवरण को नीचे बनी तालिका में दर्ज करें :

1.	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		
2.	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		

क्या दूध के तापमान से फ़र्क पड़ता है?

3.	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		
4.	10 मिनट बाद		
	6 घण्टे बाद		
	12 घण्टे बाद		

चर्चा करें :

1. क्या दूध का प्रारम्भिक तापमान दही जमने के लिए महत्त्वपूर्ण है? किस तरह से?

   .....

2. क्या 6 घण्टे बाद ठण्डे दूध वाले कटोरे और गर्म दूध वाले कटोरे में कोई अन्तर है? कैसे, और क्यों?

   .....

3. क्या आपको लगता है कि यदि आप चरण 3 में दूध में दही (जामन) की मात्रा को बढ़ा देते तो आपको कुछ अलग नतीजे मिलते? क्या आप इस पूर्वानुमान की जाँच करने के लिए एक प्रयोग की योजना बना सकते हैं?

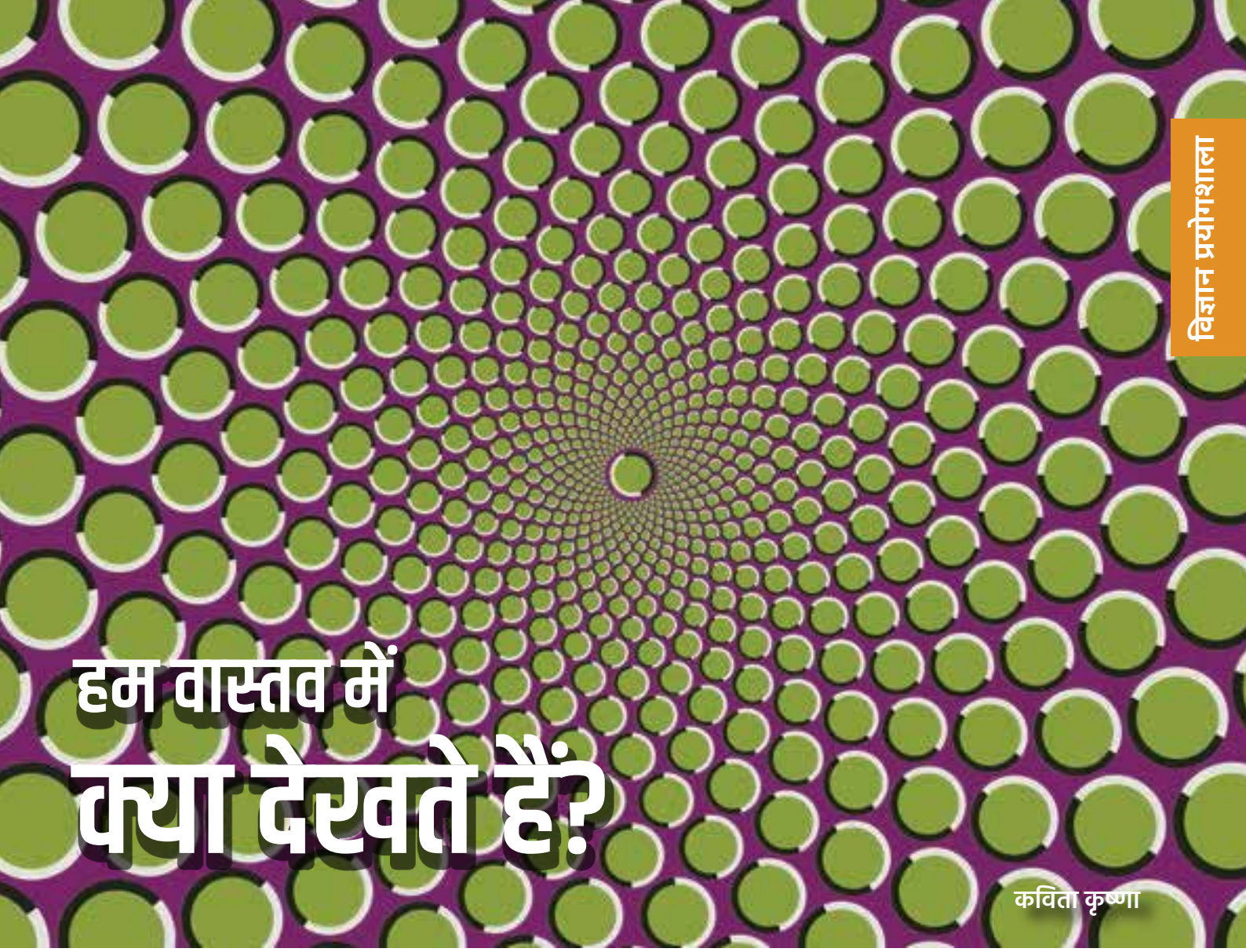
   .....

4. क्या आपको लगता है कि यदि चरण 5 में दूध को लगभग 37°C पर या लगभग 4-12°C पर रखा जाता (ऊष्मायित किया जाता) तो आपको कुछ अलग नतीजे मिलते? क्या आप इस पूर्वानुमान की जाँच करने के लिए एक प्रयोग की योजना बना सकते हैं?

   .....

रचनाकार :
रोहिणी करन्दीकर होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं।
रितेश खुन्याकारी टाटा सामाजिक विज्ञान संस्थान, हैदराबाद में सह-प्राध्यापक हैं।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर : कामिनी** उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school scienc
Azim Premji University



हम वास्तव में क्या देखते हैं?

कविता कृष्णा

यह लेख हस्तनिर्मित खिलौनों और दृष्टि भ्रम वाली कुछ सरल गतिविधियों के माध्यम से उन तरीक़ों की पड़ताल करता है जिनसे हमारा मस्तिष्क और आँखें साथ मिलकर दुनिया को देखते हैं।

हमारी देखने की क्षमता बहुत दिलचस्प है, फिर भी हम इसे एक मामूली बात की तरह ही लेते हैं। छोटे बच्चे अपने देखने की प्रक्रिया के साथ स्वतः प्रयोग करते रहते हैं – एक आँख बन्द करके वस्तुओं को देखना, प्रकाश का छल्ला देखने के लिए फुलझड़ी को गोल-गोल घुमाना, या दादा-दादी के चश्मे से देखना। माध्यमिक कक्षाओं के विद्यार्थी "हमें दो आँखों की ज़रूरत क्यों है?" और "छत का पंखा तेज़ चलने पर धुन्धला क्यों दिखने लग जाता है?" जैसे प्रश्न पूछते हैं। यह शुरुआती प्रयोग और प्रश्न मानव दृष्टि की जाँच-पड़ताल की माँग करते हैं। इस लेख (तथा साथ में दी गई गतिविधियों) के माध्यम से मानव दृष्टि के कुछ पहलुओं को देखने का प्रयास किया गया है जिन्हें विद्यार्थी सरल मगर दिलचस्प गतिविधियों के माध्यम से खोज सकते हैं।

गहराई का अनुमान लगाना

बाईं और दाईं आँख एक-दूसरे से लगभग 6.5 सेमी की दूरी पर स्थित होती हैं। प्रत्येक आँख के दृष्टिपटल (रेटिना) पर दो-आयामी बिम्ब का निर्माण होता है, दोनों आँखों से बनने वाले बिम्ब एक-दूसरे से थोड़े भिन्न होते हैं। ये दोनों चित्र मस्तिष्क को भेजे जाते हैं। मस्तिष्क दोनों बिम्बों का उपयोग करते हुए एक त्रि-आयामी निरूपण उत्पन्न करता है। परिणामस्वरूप हमारी **त्रि-आयामी दृष्टि क्षमता** निर्मित होती है अर्थात गहराई का अनुमान मिलता है, जैसा कि गतिविधि-I में दिखाया गया है (देखें **गतिविधि शीट-I : क्या दो आँखें एक से बेहतर हैं?**)[1]। गहराई का अनुमान लगाने की क्षमता द्विनेत्र दृष्टि (दो आँखों से एक बिम्ब को देखना) के कई फ़ायदों में से एक है।

अन्ध बिन्दु

हम यह मानते हैं कि जो हम अनुभव करते हैं वह हूबहू वही है जो हमारी आँखें देखती हैं। हालाँकि, यह हमेशा सच नहीं होता है और जो कुछ हम देखते हैं उसके कुछ हिस्से मस्तिष्क द्वारा 'गढ़े जाते' हैं।

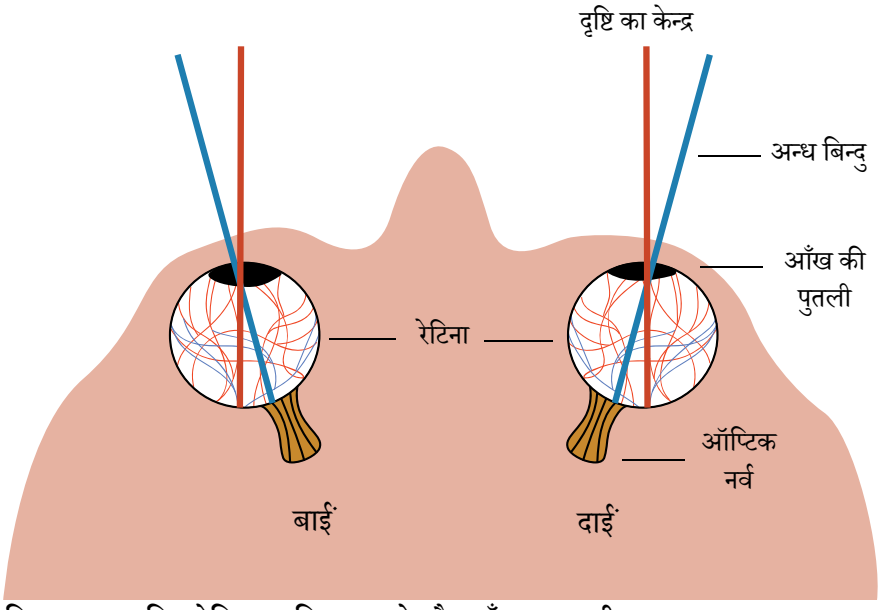
प्रत्येक आँख में एक अन्ध बिन्दु होता है – प्रत्येक आँख के दृश्य क्षेत्र का एक छोटा हिस्सा जहाँ रेटिना पर किसी भी प्रकार के प्रकाशग्राही (छड़ या शंकु) नहीं होते हैं (देखें **चित्र-1**)। यह वह क्षेत्र है जहाँ दृष्टि तंत्रिका आँख में प्रवेश करती है। जैसा कि गतिविधि-II में दर्शाया गया है (देखें **गतिविधि शीट-II : अपने अन्ध बिन्दु को खोजना**), जब काग़ज़ आपसे एक विशेष दूरी पर होता है तब आप काले गोले/बिन्दु को देखने में असमर्थ होते हैं क्योंकि बिन्दु/गोले की छवि आपके रेटिना पर अन्ध बिन्दु पर बनती है।[1]

सामान्यतया हमें अन्ध बिन्दु का पता क्यों नहीं चलता? ऐसा इसलिए होता है क्योंकि मस्तिष्क अन्ध बिन्दु पर अनुपस्थित सूचनाओं को उपलब्ध करवाकर उनकी भरपाई कर देता है। इस परिघटना को **दृष्टि भरपाई**[2] कहते हैं। गौर करें कि गतिविधि-III में (देखें **गतिविधि शीट-III : दृष्टि भरपाई**) एक आँख बन्द होने पर भी आपका मस्तिष्क छवि की भरपाई कर देता है। यह इस बात का उदाहरण है कि आपका मस्तिष्क केवल रेटिना से प्राप्त होने वाले बिम्ब पर ही निर्भर नहीं रहता है। वह इस बात का पूर्वानुमान करता है कि क्या दिखने की अपेक्षा है। मस्तिष्क के पूर्वानुमान इतने विश्वसनीय होते हैं कि हम अकसर ऐसी चीज़ें भी देख लेते हैं जो मौजूद नहीं हैं! यह कई दृष्टि भ्रमों का आधार है।

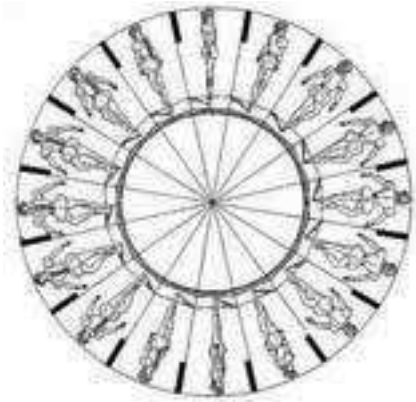
चलते-फिरते चित्र

दृष्टि भ्रम दृश्य तंत्र की कुछ कार्यिकीय (physiological) सीमाओं के कारण भी पैदा हो सकते हैं – जिस गति से वह रेटिना पर बनने वाले बिम्बों को संसाधित कर सकता है। इसका एक अनुप्रयोग थौमाट्रोप में है जो कि 19वीं सदी का एक लोकप्रिय खिलौना था। जैसा कि गतिविधि-IV में दिखाया गया है (देखें **गतिविधि शीट-IV : थौमाट्रोप का उपयोग**), जब वृत्त (डिस्क) को तेज़ी से घुमाया जाता है तो उसके दोनों ओर की छवियाँ एक छवि में घुलती-मिलती दिखाई देती हैं।[3] हमारे दृश्य तंत्र द्वारा रेटिना पर गिरने वाली छवियों को संसाधित करने में जो समय लगता है उसी के कारण हमें दो अलग-अलग छवियों की बजाय एक छवि दिखाई देती है।

दृश्य तंत्र एक बिम्ब को एक सेकंड के लगभग 15वें भाग की अवधि तक बनाए रखता है। यदि इसी दौरान कोई दूसरी छवि रेटिना पर गिरती है तो दोनों छवियाँ एक ही प्रतीत होती हैं। इस घटना को **दृष्टि निर्बन्ध (persistence of vision)** कहते हैं। जब हमारा दृश्य तंत्र एक सेकंड में 10-12 अलग-अलग छवियों की एक शृंखला को देखता है, तो वह हमें एक एकल निरन्तर चलती छवि के रूप में प्रतीत होता है। इस दृष्टि भ्रम को **बीटा गति** कहा जाता है, और



चित्र-1 : अन्ध बिन्दु रेटिना पर स्थित वह क्षेत्र है जहाँ प्रकाशग्राही (photoreceptors) नहीं होते।



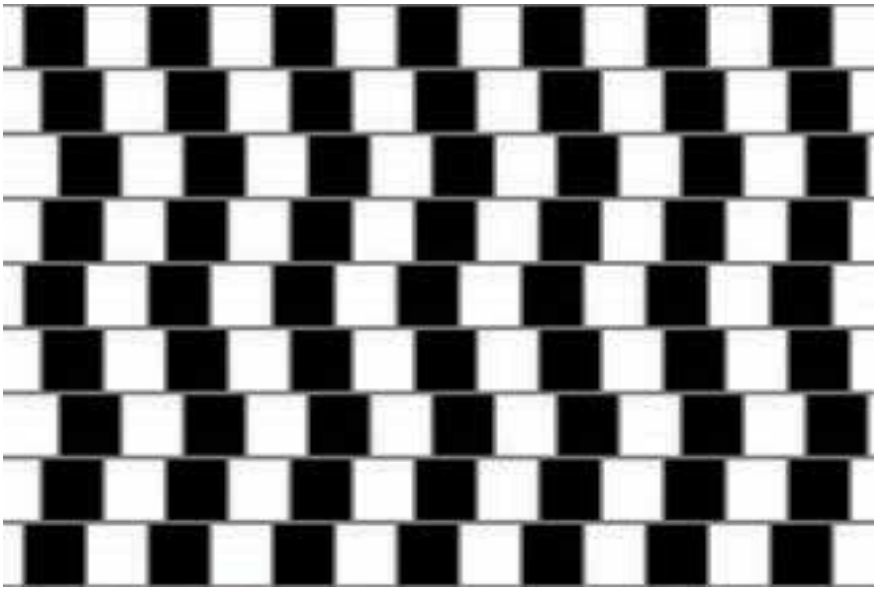
चित्र-2 : फ़ेनाकिस्टोस्कोप का आविष्कार बेल्जियम के भौतिक विज्ञानी जोसेफ प्लेटू और ऑस्ट्रियाई गणितज्ञ साइमन स्टैम्फर द्वारा स्वतंत्र रूप किया गया था।

Credits: depuis Joseph Plateau, Corresp.Math.Phys. 1832, VII, p. 291, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Phenakistiscope.jpg. License: CC-BY.

चित्र-3 : फ़्लिप बुक एक एनीमेशन खिलौना है जिसमें कई अलग-अलग छवियाँ एक एकल निरन्तर चलती छवि प्रतीत होती हैं।

Credits: John Barnes Linnet, Zeitgenössische Illustration (1886), Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Linnet_kineograph_1886.jpg. License: CC-BY.

यह एनिमेशन और फिल्मों में काम आने वाला एक बुनियादी सिद्धान्त है। फ़ेनाकिस्टोस्कोप, जिसे गतिविधि-V में बताया गया है (देखें **गतिविधि शीट-V : फ़ेनाकिस्टोस्कोप बनाना**), सबसे पहले बनाया जाने वाला लोकप्रिय एनीमेशन उपकरण था। 1832 में आविष्कृत यह उपकरण आधुनिक समय के एनिमेशन का अग्रदूत था (देखें **चित्र-2**)। फ़्लिप बुक उसी सिद्धान्त पर काम करने वाला एक और सरल खिलौना है जिसे आप बना सकते हैं (देखें **चित्र-3**)।[4]



चित्र-4 : कैफे की दीवार का दृष्टि भ्रम। यह एक ज्यामितीय दृष्टि भ्रम है। इसमें काली और सफ़ेद 'ईंटों' के साथ समानान्तर विभाजक रेखाएँ सीधी होने के बावजूद ढलानदार प्रतीत होती हैं।

Credits: Fibonacci, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caf%C3%A9_wall.svg. License: CC-BY-SA.

दृष्टि भ्रम

दृष्टि भ्रम हक्का-बक्का करने वाले, आकर्षक और मज़ेदार होते हैं। दृष्टि भ्रम तब होता है जब हम जो अनुभव करते हैं वह वास्तविकता से अलग होता है, क्योंकि आँखों से प्राप्त होने वाली छवि और मस्तिष्क द्वारा की जाने वाली व्याख्या के बीच अन्तर होता है (देखें **चित्र-4**)।

समेकन

यहाँ गतिविधियों में दर्शाए गए दृष्टि भ्रम जैसे सैकड़ों दृष्टि भ्रम होते हैं। इनमें से प्रत्येक भ्रम मानव दृष्टि और इसकी सीमाओं के विभिन्न पहलुओं को प्रकट करता है (देखें **बॉक्स-1**)। इनमें से कई मानव कार्यिकी, मनोविज्ञान और तंत्रिका विज्ञान में चल रहे वैज्ञानिक अनुसन्धान विषय हैं।

बॉक्स-1 : आप यहाँ से दृष्टि भ्रम के बारे में और अधिक जान सकते हैं।

1. Chudler, Eric H. 'The Blind Spot'. Neuroscience for Kids – Vision Exp. URL: http://faculty.washington.edu/chudler/chvision.html.
2. Bach, Michael. '134 Optical Illusions & Visual Phenomena'. URL: www.michaelbach.de/ot/.
3. Lotto, Beau. 'Optical illusions show how we see'. TED Global, July 2009. URL: www.ted.com/talks/beau_lotto_optical_illusions_show_how_we_see.
4. The Optical Society (OSA). 'Optical illusions'. Optics4kids. URL: https://www.optics4kids.org/illusions. Accessed 18 Apr. 2019.

मुख्य बिन्दु

- दृष्टि छोटे बच्चों के लिए स्वाभाविक रूप से उलझाने वाला विषय है, और वे अकसर अपने देखने के तरीक़ों के साथ अनायास प्रयोग करते हैं।
- हम जो देखते हैं वह हमारी आँखों और हमारे मस्तिष्क के बीच की परस्पर क्रिया का परिणाम है।
- हम विद्यार्थियों को दृष्टि से सम्बन्धित वैज्ञानिक अवधारणाओं और उनके व्यावहारिक प्रभाव से परिचित कराने के अवसर प्रदान कर सकते हैं।
- दोनों आँखों से प्राप्त दो आयामी छवियों को संयोजित करने की मस्तिष्क की क्षमता के परिणामस्वरूप हम गहराई का अनुमान लगा पाते हैं।
- हमारी प्रत्येक आँख में दृष्टि तंत्रिका के प्रवेश करने के स्थान पर एक अन्ध बिन्दु होता है। हम अन्ध बिन्दु पर ध्यान नहीं देते क्योंकि हमारा मस्तिष्क अनुपस्थित सूचनाओं की पूर्ति कर देता है।
- जब दो-या-दो से अधिक छवि एक सेकंड के 15 वें भाग के भीतर रेटिना पर गिरती हैं, तो वे एकल छवि के रूप में दिखने लगती हैं। दृष्टि भ्रम तब होता है जब हमारे मस्तिष्क में निर्मित छवि वास्तविकता से अलग होती है।

Note: Image used in the background of the article title – An optical illusion. Credits: Fiestoforo, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Motion_illusion_in_star_arrangement.png. License: CC-BY.

References:

1. 'The Blind Spot'. Chudler, Eric H., Neuroscience for Kids – Vision Exp. URL: http://faculty.washington.edu/chudler/chvision.html.
2. 'Filling-In'. Wikipedia, Wikimedia Foundation. 18 Apr, 2018. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Filling-in.
3. 'The Historians Toy box – Children's toys from the past you can make yourself'. Provenzo Jr, Eugene F, et al. Prentice Hall, 1979. Retrieved from the URL: https://archive.org/details/TheHistoriansToyBox/page/n55.
4. 'How to make a flipbook'. Andymation, YouTube. Uploaded on 19 Jan., 2018. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Un-BdBSOGKY.

कविता कृष्णा IIT मद्रास से स्नातक हैं और 10 साल से बतौर इंजीनियर काम कर रहीं हैं। साथ ही उन्हें ग्रामीण और शहरी स्कूलों में शिक्षण, पाठ्यक्रम विकास और अध्यापक-शिक्षा में 15 वर्षों का अनुभव है। उनसे kavitak2006@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

विविध

एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : प्लांक स्थिरांक

2011 में, अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति ने किलोग्राम के अन्तर्राष्ट्रीय प्रतिरूप (IPK) को प्लांक स्थिरांक के सापेक्ष परिभाषित करने के तरीक़े को औपचारिक रूप दिया।

प्लांक स्थिरांक (जिसे h से दर्शाया जाता है) कार्ल अर्नेस्ट लुडविग मैक्स प्लांक के नाम पर आधारित है। मैक्स प्लांक एक जर्मन सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्री थे। उन्हें क्वान्टम सिद्धान्त के क्षेत्र में योगदान हेतु 1918 में भौतिकी के लिए नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था।

चित्र : प्लांक कांस्टेंट सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्री मैक्स प्लांक के नाम पर आधारित है।

Credits: Bundesarchiv, Bild 183-R0116-504, Wikimedia Commons. URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_183-R0116-504,_Max_Planck.jpg. License: CC-BY-SA.

प्लांक स्थिरांक और किलोग्राम का सम्बन्ध इन दो प्रसिद्ध समीकरणों में समाहित है :

- प्लांक-आइंस्टाइन सम्बन्ध के अनुसार, प्लांक स्थिरांक एक फोटॉन की ऊर्जा (E) को इसके विद्युत-चुम्बकीय दोलन (v) से सम्बन्धित करता है : $E=hv$
- आइंस्टाइन के द्रव्यमान-ऊर्जा समतुल्यता के अनुसार, निर्वात (Vacuum) में प्रकाश के वेग (c) से यात्रा करने वाली किसी द्रव्यमान (m) की वस्तु की ऊर्जा का मान इस सम्बन्ध से दर्शाया जा सकता है : $E=mc^2$

इन दोनों समीकरणों को एक साथ देखने पर मिलता है : $hv = mc^2$

मैक्स प्लांक ने प्लांक स्थिरांक का मान ब्लैक बॉडी (कृष्णिका) विकिरण से प्राप्त प्रयोगात्मक आँकड़ों के आधार पर निकाला था : 6.55×10^{-34} जूल/सेकंड । हम जानते हैं कि अग़र किसी फोटॉन, जिसकी आवृत्ति 1Hz हो, तो उसकी ऊर्जा को पदार्थ के रूप में परिवर्तित करने पर 7.375×10^{-31} किग्रा द्रव्यमान प्राप्त होगा। क्या किलोग्राम को दुबारा परिभाषित करने के लिए इतना काफ़ी है? शायद नहीं। प्लांक स्थिरांक का मान इतना सूक्ष्म है कि अकसर इसे 'क्लासिकल भौतिकशास्त्र का शून्य' कहा जाता है। परिणामस्वरूप, इस स्थिरांक को किलोग्राम को पुन:परिभाषित करने के लिए ज़रूरी परिशुद्धता से मापना काफ़ी कठिन रहा है।

क्या किलोग्राम के परिभाषित करने के लिए हमारे पास यही एक स्थिरांक है? जानने के लिए पृष्ठ 115 देखें।

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-1

क्या दो आँखें एक से बेहतर हैं?

आवश्यक सामग्री :

दो पेन्सिल या दो सीधी सीकें

क्या करना है :

1. *प्रत्येक हाथ में एक पेन्सिल चित्रानुसार पकड लें और अपने चेहरे से कुछ फीट दूर रखें।*
2. *एक आँख बन्द कर लें और पेन्सिल के दोनों सिरों को छुआने का प्रयास करें।*
3. *इस बार दूसरी वाली आँख को बन्द करके पुनः पेन्सिल के दोनों सिरों को छुआने का प्रयास करें।*
4. *अब दोनों आँखें खुली रखकर इस प्रक्रिया को दोहराएँ।*

अवलोकन :

आपने क्या अवलोकन किया?

चर्चा करें :

- *जब हम किसी वस्तु को अपनी दोनों आँखों से देखते हैं और जब केवल एक से देखते हैं तो हमें दिखने वाले इसके बिम्ब में क्या अन्तर आ जाता है?*
- *क्या यह अन्तर वस्तु और हमारे बीच की दूरी पर निर्भर करता है?*
- *क्या आप किसी ऐसी परिस्थिति के बारे में सोच सकते हैं जहाँ :*
  1. *'दोनों आँखों से देखने' पर फ़ायदा होता है?*
  2. *'एक आँख से देखने' पर फ़ायदा होता है?*

रचनाकार :

कविता कृष्णा एक इंजीनियर हैं। उन्हें ग्रामीण और शहरी स्कूलों में शिक्षण, पाठ्यक्रम विकास और अध्यापक-शिक्षा में 15 वर्षों का अनुभव है। उनसे kavitak2006@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-II

अपना अन्ध-बिन्दु (ब्लाइन्ड-स्पॉट) खोजें

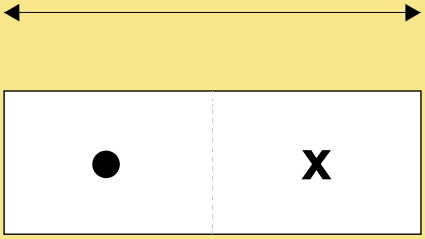
आवश्यक सामग्री :

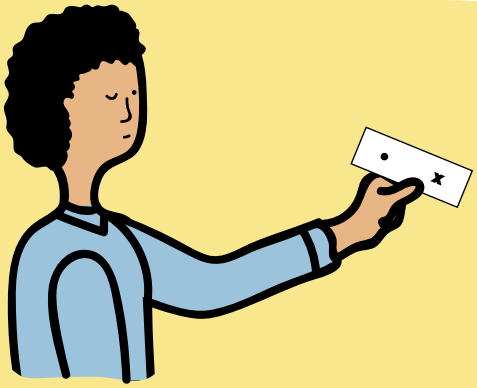
ए-4 आकार का कोरा काग़ज़

एक काली स्याही वाला पेन

क्या करना है :

1. *काग़ज़ को लम्बाई में इस तरह से काटें कि एक 25 सेमी लम्बी पट्टी प्राप्त हो जाए।*
2. *इस पट्टी को लम्बाई में दो भागों में मोड़कर इसकी मध्य रेखा पता करें।*
3. *मध्य रेखा से 3.5 सेमी बाईं तरफ एक काला गोला तथा 3.5 सेमी दाईं तरफ़ एक काला क्रॉस का निशान बनाएँ।*





4. *पट्टी को आँखों के सामने एक हाथ की दूरी पर रखें।*
5. *बाईं आँख को बन्द करके, दाईं आँख से काग़ज़ पर बने काले गोले को देखें। क्या आप काले क्रॉस के निशान को भी देख पा रहे हैं?*
6. *अपनी दाईं आँख से काले गोले को देखते हुए काग़ज़ को धीरे-धीरे अपनी तरफ़ लाएँ। क्या किसी दूरी पर क्रॉस का निशान दिखना बन्द हो जाता है?*
7. *अब अपनी दाईं आँख को बन्द रखते हुए बाईं आँख से काले क्रॉस को देखने के लिए यही प्रक्रिया दोहराएँ। क्या किसी दूरी पर गोला दिखना बन्द हो जाता है?*

रचनाकार :

कविता कृष्णा एक इंजीनियर हैं। उन्हें ग्रामीण और शहरी स्कूलों में शिक्षण, पाठ्यक्रम विकास और अध्यापक-शिक्षा में 15 वर्षों का अनुभव है। उनसे kavitak2006@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

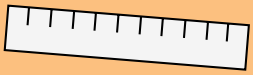
विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-III

होते हुए भी न दिखना

आवश्यक सामग्री :

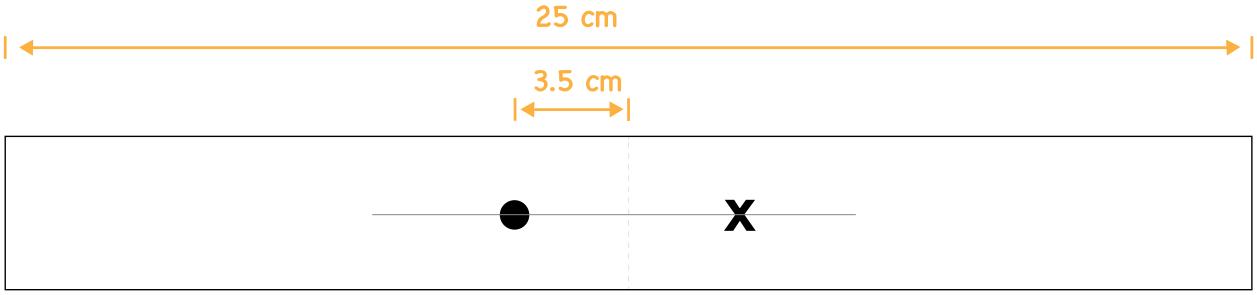
ए-4 आकार का कोरा काग़ज़

एक काली स्याही वाला पेन


स्केल

क्या करना है :

1. काग़ज़ को लम्बाई में आधा काटें ताकि लगभग 25 सेमी लम्बी एक पट्टी प्राप्त हो जाए।
2. पट्टी को दो बराबर भागों में मोड़कर इसकी मध्य रेखा पता करें।
3. मध्य रेखा से 3.5 सेमी बाईं ओर एक काला गोला तथा 3.5 सेमी दाईं ओर एक क्रॉस का निशान बनाएँ।
4. क्रॉस और काले गोले के केन्द्र से गुज़रती हुई एक रेखा खींचें।



5. **अपना अन्ध-बिन्दु (ब्लाइन्ड-स्पॉट) खोजें** वाली गतिविधि को दोहराएँ।
6. क्या यह रेखा निरन्तर (Continuous) प्रतीत होती है या इसमें आपको कोई ब्रेक दिखाई देता है?

अवलोकन :

आपने क्या देखा?

चर्चा करें :

- रेखा निरन्तर प्रतीत होती है या इसमें आपको कोई ब्रेक दिखाई देता है?
- ऐसा क्यों हुआ होगा?

रचनाकार :

कविता कृष्णा एक इंजीनियर हैं। उन्हें ग्रामीण और शहरी स्कूलों में शिक्षण, पाठ्यक्रम विकास और अध्यापक-शिक्षा में 15 वर्षों का अनुभव है। उनसे kavitak2006@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

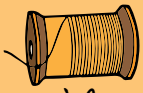
विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-IV

थौमाट्रोप बनाकर मज़ा लें

आवश्यक सामग्री :

सफ़ेद मोटा गत्ता

कैंची


डोरी

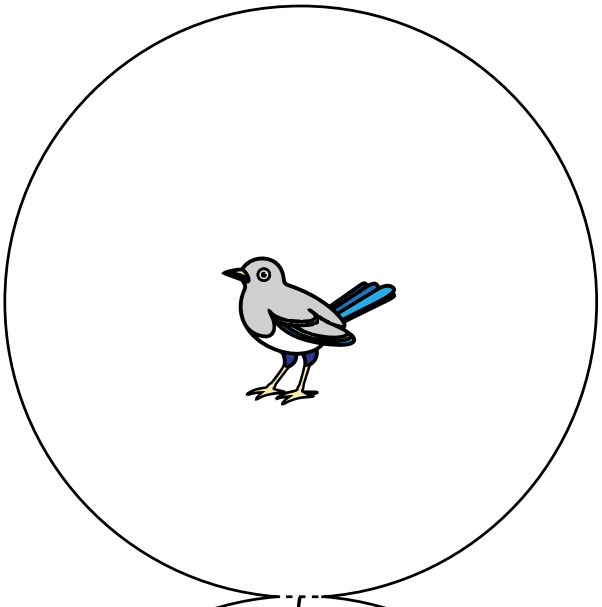
सेलोटेप

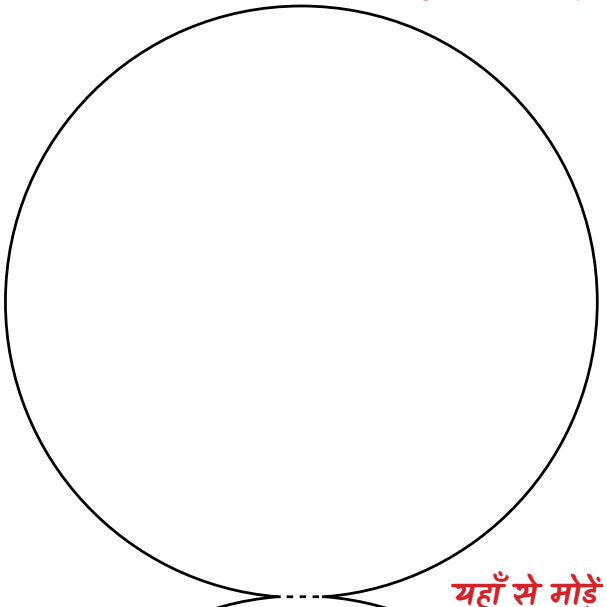
अलग-अलग रंग के पेन या पेन्सिल

क्या करना है :

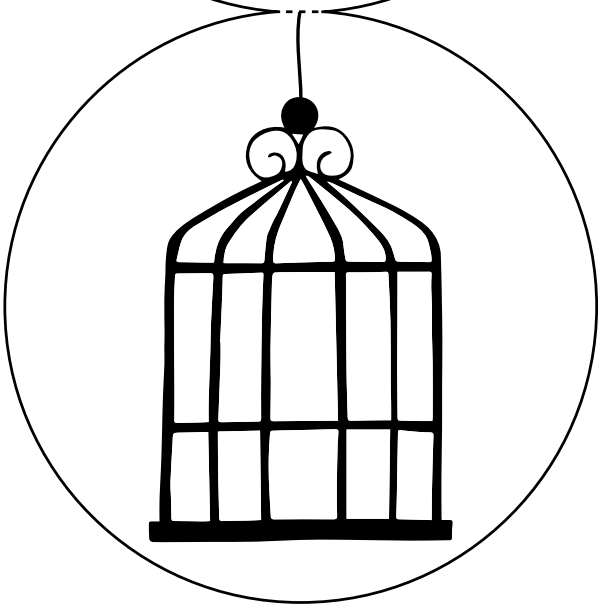
1. *एक सफ़ेद मोटा गत्ता लें और उसमें से 3-3 इंच व्यास वाले दो गोले काट लें। काटना इस तरह है कि दोनों वृत्त एक तरफ़ से आपस में जुड़े रहें।*

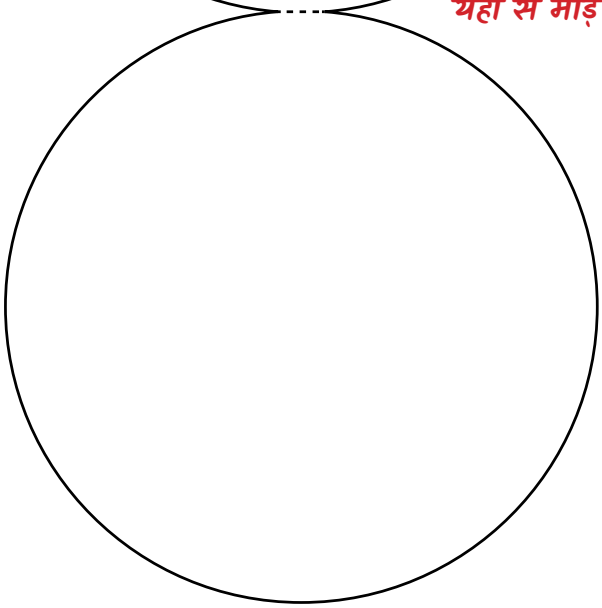
यहाँ चित्र बनाएँ





यहाँ से मोड़ें

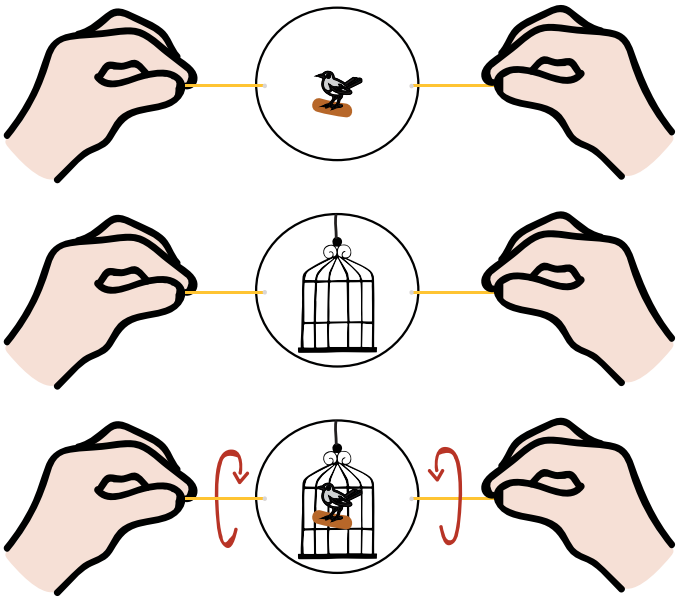




विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-IV

थौमाट्रोप बनाकर मज़ा लें

2. एक गोले पर चिड़िया तथा दूसरे पर पिंजरे का चित्र बनाएँ। ध्यान रहे चित्र गोले के केन्द्र में बनाना है और पिंजरा इतना बड़ा हो कि चिड़िया उसके अन्दर आ जाए।
3. दोनों गोलों को ख़ाली सतह की तरफ़ बीच में से मोड़ते हुए एक के पीछे एक ले आएँ।
4. अब एक डोरी लें और एक गोले के केन्द्र से गुज़ारते हुए उसे टेप से चिपका दें। ध्यान रहे कि गोले के दोनों ओर लगभग 1.5 सेमी डोरी बची रहे।
5. डोरी को बीच में रखते हुए दोनों गोलों को चिपका दें। गोलों को चिपकाते समय ध्यान रखना है कि चित्र वाली सतह बाहर की तरफ़ रहनी चाहिए। आप देखेंगे कि पिंजरे की तस्वीर उल्टी है और चिड़िया की सीधी।
6. दोनों हाथों के अँगूठों और अँगुलियों की मदद से डोरी को इस तरह पकड़ें कि चिड़िया का चित्र सीधा रहे।
7. अब डोरी को ढीला रखते हुए गोले को घुमाकर डोरी में बहुत सारे बल डाल दें। फिर डोरी को खींचकर उसे घूमने के लिए छोड़ दें। आपने क्या देखा?



अवलोकन :

आपने क्या देखा?

चर्चा करें :

- थौमाट्रोप को घुमाने पर आपको क्या दिखाई देता है?
- जब आप थौमाट्रोप को धीरे-धीरे घुमाते हैं, तो देखी गई तस्वीर को क्या होता है? जब आप इसे तेज़ी से घुमाते हैं तो क्या यह बदल जाती है? ऐसा क्यों होता है?
- जब थौमाट्रोप तेज़ी से घूम रहा होता है तब क्या आप पिंजरे में पक्षी को देख सकते हैं?
- क्या आपने कभी छत के पंखे या टेबल पंखे की ब्लेडों को देखा है जब वे बहुत तेज़ी से या बहुत धीमे-धीमे घूम रही होती हैं? यह थौमाट्रोप में जो आपने देखा उससे किस तरह समान या भिन्न है?

रचनाकार :

कविता कृष्णा एक इंजीनियर हैं। उन्हें ग्रामीण और शहरी स्कूलों में शिक्षण, पाठ्यक्रम विकास और अध्यापक-शिक्षा में 15 वर्षों का अनुभव है। उनसे kavitak2006@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

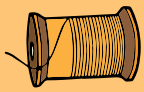
विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-V

एक फ़िनाकिस्टोस्कोप बनाना

आवश्यक सामग्री :

सफ़ेद मोटा काग़ज़ और गत्ता

कैंची


डोरी

सेलोटेप

गोंद

थम्ब पिन

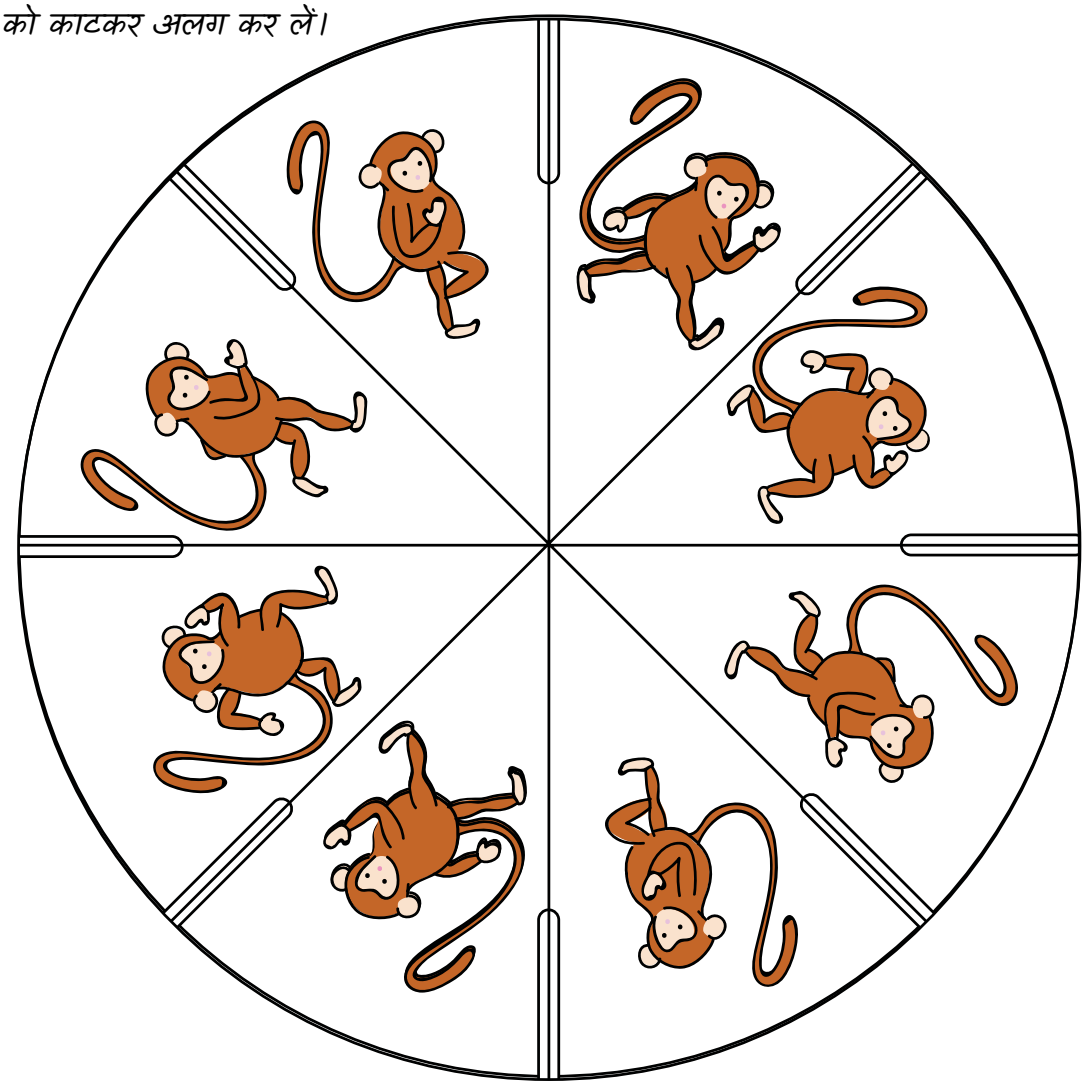
अलग-अलग रंग के पेन या पेन्सिल

क्राफ्ट चाकू

लकड़ी की डण्डी

क्या करना है :

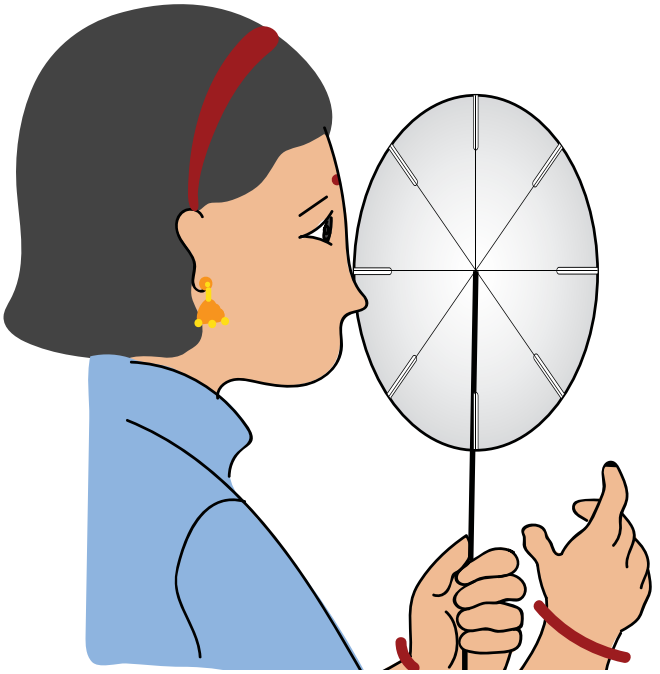
1. *नीचे दिए गए चित्र की एक नकल बनाएँ और उसे किसी मोटे सफ़ेद काग़ज़ या गत्ते पर चिपकाएँ।*
2. *गोले को काटकर अलग कर लें।*

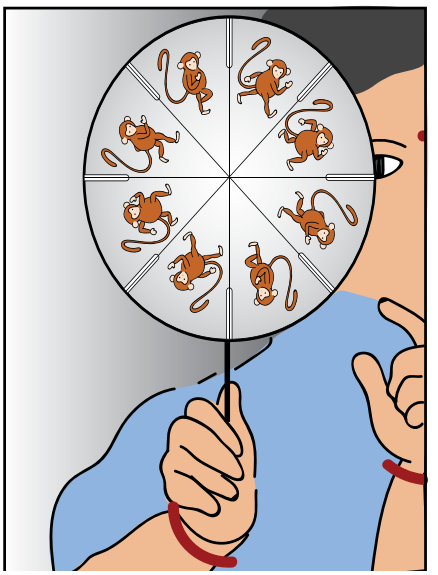


विज्ञान प्रयोगशाला : गतिविधि शीट-V

एक फ़िनाकिस्टोस्कोप बनाना

3. *गोले के किनारों पर देखने के लिए बने हुए खाँचों को क्राफ्ट चाकू की मदद से सफ़ाई से काटें।*
4. *फ़िनाकिस्टोस्कोप को थम्ब पिन की सहायता से एक पेन्सिल या लकड़ी की डण्डी के साथ जोड़ें। ध्यान रहे कि लकड़ी या पेन्सिल को गोले ख़ाली सतह की तरफ़ जोड़ना है।*
5. *फ़िनाकिस्टोस्कोप को लेकर एक दर्पण के सामने इस तरह से खड़े हों कि चित्र वाली सतह दर्पण की तरफ़ रहे।*
6. *फ़िनाकिस्टोस्कोप को घुमाएँ और देखने के लिए बनाए गए खाँचों में से प्रतिबिम्बों को देखें।*





अवलोकन :

आपने क्या देखा?

चर्चा करें :

- *जब आप फ़िनाकिस्टोस्कोप को धीरे-धीरे घुमाते हैं तो आपके द्वारा देखे गए चित्र को क्या होता है?*
- *जब फ़िनाकिस्टोस्कोप को तेज़ी से घुमाते हैं तो क्या होता है? ऐसा क्यों होता है?*

रचनाकार :

कविता कृष्णा एक इंजीनियर हैं। उन्हें ग्रामीण और शहरी स्कूलों में शिक्षण, पाठ्यक्रम विकास और अध्यापक-शिक्षा में 15 वर्षों का अनुभव है। उनसे kavitak2006@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

शरीर को ध्यान में रखते हुए विज्ञान सीखना

पॉल रीमर, रोहित मेहता एवं पुण्य मिश्रा

यह लेख विज्ञान की कक्षा में शरीर-आधारित शिक्षा की छान-बीन करता है। लेखक बताते हैं कि अध्यापक विज्ञान शिक्षा में हुए अनुसन्धान का उपयोग करते हुए कैसे अपने विद्यार्थियों के लिए व्यावहारिक रूप से एक बहु-संवेदना आधारित, पूर्ण शरीर से सोचने और जानने का अनुभव निर्मित कर सकते हैं।

"अव्वल तो सशरीर और कल्पनाशील प्राणियों के रूप में, हम कभी भी वास्तविकता से अलग-थलग या असम्बन्धित नहीं रहे हैं। जिस चीज़ ने विज्ञान को हमेशा सम्भव बनाया है, वह मूर्त रूप है, न कि उससे परे जाना; वह हमारी कल्पना है, न कि उससे कतराना।"
— जॉर्ज लैकॉफ।

"...शारीरिक हाव-भाव की भाषा की महत्ता को कम आँकने की गलती कभी नहीं करें।"
— उर्शुला, डिज़्नी की *लिटिल मर्मेड* फ़िल्म में एक डायन

कल्पना कीजिए कि आप किसी को सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की कक्षा समझा रहे हैं और आपके हाथ पीठ के पीछे बाँध दिए गए हैं। कई लोगों के लिए, हाथों का इस्तेमाल किए बिना या अपनी भुजाओं को गोल-गोल आकृति में घुमाए बिना ग्रहीय गतियों की व्याख्या करना एक चुनौती भरा काम हो सकता है। कई लोगों के लिए तो अपने शरीर का इस्तेमाल किए बिना सामान्य दैनिक अनुभवों को समझाना भी मुश्किल हो सकता है। यह सब इसलिए है क्योंकि दुनिया की हमारी समझ केवल शब्दों में बँधी नहीं होती; हमारे हाव-भाव और चेष्टाएँ भी हमारे सोचने एवं सीखने से सम्बन्धित होती हैं।

हम दुनिया के बारे में अकसर अपने शरीर का इस्तेमाल करते हुए समझते व सीखते हैं। हम ज्ञान को जिस स्वरूप में निर्मित करते हैं एवं समझते हैं, वह हमारी संवेदनाओं और चेष्टाओं पर निर्भर करता है। दुनिया को समझने में अर्थपूर्ण अवधारणाओं को व्यक्त करने के लिए शब्दों एवं हाव-भावों का मिला-जुला उपयोग काफ़ी आम है। विशेष रूप से अमूर्त अवधारणाओं को समझने के दौरान किसी ठोस भौतिक अनुभव को आधार बनाने की हमारी प्रवृति होती है। इसे **सशरीर सीखना (embodied learning)** कहते हैं।

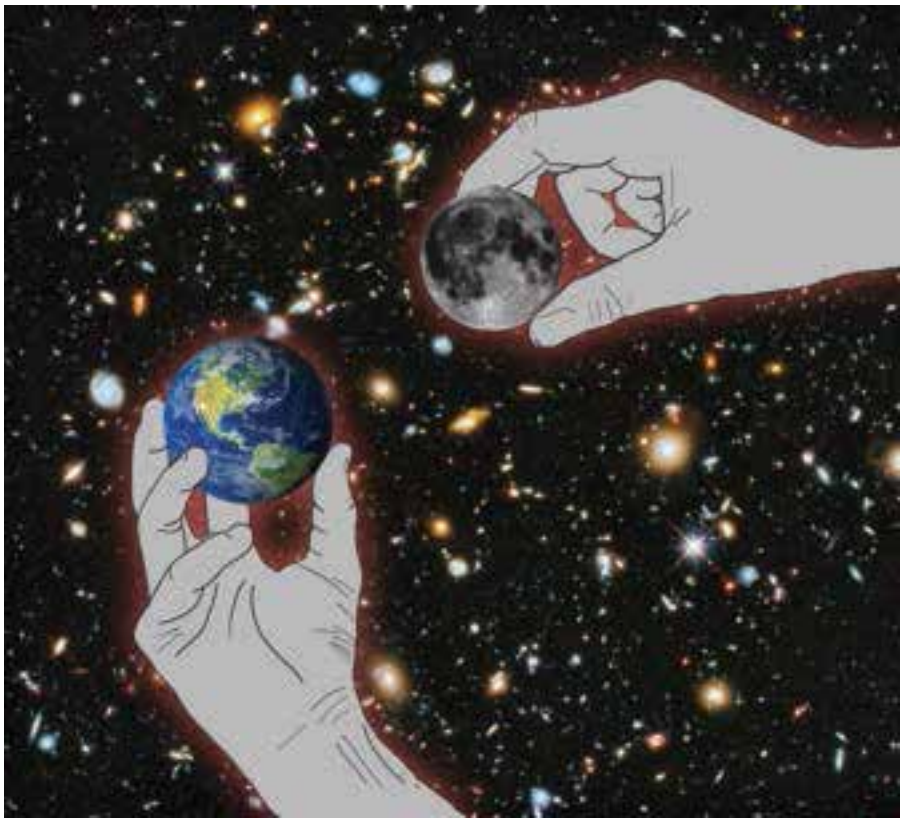
जो वैज्ञानिक सशरीर शिक्षा पर अध्ययन करते हैं, उनकी रुचि इस बात में होती है कि हमारा शरीर कैसे सीखने एवं समझने में मदद करता है। वे हमारे शरीर की संवेदी एवं शारीरिक क्रियाओं को सीखने, जानने

एवं अर्थ-बोध की प्रक्रिया का महत्त्वपूर्ण अंग मानते हैं। वे शिक्षकों को संवेदी एवं भौतिक गतिविधियों की भूमिका पर फिर से विचार करने और ऐसी शिक्षण विधियाँ डिज़ाइन करने को प्रेरित करते हैं जिनमें सशरीर सीखना शामिल हो।

सीखने की सशरीर डिज़ाइन क्या है?

सीखने की सशरीर डिज़ाइन में यह देखा जाता है कि प्राकृतिक एवं सहज शारीरिक क्रियाओं की मदद से विद्यार्थी कैसे अर्थपूर्ण विचार विकसित कर सकते हैं। विद्यार्थी अपनी ख़ुद की सहज शारीरिक क्रियाओं एवं प्राकृतिक वातावरण को सीखने के संसाधन के रूप में प्रयुक्त कर सकते हैं। फिर, शारीरिक गतिविधियों को चिन्तन की भाषा के साथ जोड़कर विद्यार्थी, मूलभूत लेकिन अमूर्त वैज्ञानिक अवधारणाओं जैसे कि बल, जड़त्व या गति आदि की अपनी समझ की पड़ताल कर सकते हैं और व्यक्त कर सकते हैं। इस प्रकार उनके शारीरिक क्रियाकलाप, अमूर्त अवधारणाओं की गहन समझ की ओर ले जाने वाले एक पथ की भूमिका निभाते हैं।

सशरीर शिक्षण, दृश्य या क्रियात्मक शिक्षण शैलियों की तरह एक शैलीगत पसन्द का सवाल नहीं है। सशरीर डिज़ाइन के सिद्धान्त गहन विश्लेषण, सम्पूर्ण शरीर द्वारा सोच-विचार एवं जानने से सम्बन्धित हैं जिसमें शारीरिक क्रियाएँ सीखने का स्वाभाविक हिस्सा हैं। इसके अलावा, शिक्षण की सशरीर डिज़ाइन उन परम्परागत एवं व्यापक पद्धतियों को चुनौती देती है जिनमें शिक्षण के कुछ तरीक़ों को अन्य के मुक़ाबले कुछ ज़्यादा महत्त्व दिया जाता है। असल में, जो वैज्ञानिक ज्ञान हमारे मस्तिष्क में होता है, जरूरी नहीं है कि वह क्रियाकलापों द्वारा हासिल और शरीर में उतार लिए गए ज्ञान से श्रेष्ठ हो, जिसे अकसर पेशीय स्मृति,



चित्र-1 : दुनिया की हमारी समझ केवल शब्दों तक सीमित नहीं है; हमारे हाव-भाव और शारीरिक चेष्टाएँ भी हमारे सोचने एवं सीखने के तरीकों से जुड़ी होती हैं।

Credits: Copyright free image of galaxies, Earth and moon from NASA.gov. Hand illustrations and design by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

चित्र-2 : हम जो शारीरिक क्रियाएँ करते हैं, वह अमूर्त अवधारणाओं की गहन समझ की ओर ले जाने के रास्ते बन जाती हैं।

Credits: Copyright free stock image of brain with illustrations and design by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

सहजबोध, दृश्य-चित्रण, एवं हावभाव से व्यक्त किया जाता है। क्या सीखा जा रहा है और कैसे सीखा जा रहा है – इन दोनों पहलुओं के लिहाज़ से, सशरीर डिज़ाइन के द्वारा विज्ञान शिक्षण को और अधिक समावेशी, सहभागी और मानवीय प्रक्रिया बनाया जा सकता है।

शोध क्या कहता है?

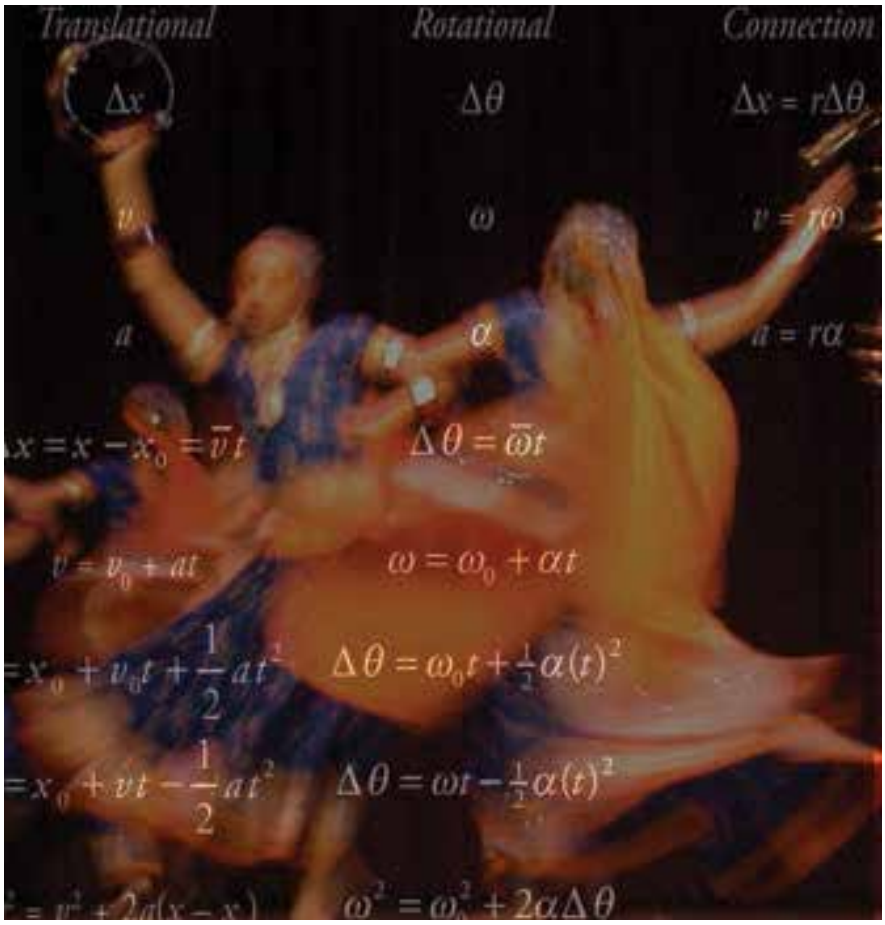
रॉनी ज़ोहर एवं सहकर्मियों ने विद्यार्थियों की भौतिकविज्ञान की हाई स्कूल अवधारणाओं की समझ को विकसित करने के लिए सशरीर डिज़ाइन पद्धति का उपयोग किया। उन्होंने अपनी शैक्षणिक डिज़ाइन में विद्यार्थियों को शारीरिक अनुभवों में शामिल किया, जिसमें उन्होंने शारीरिक चेष्टाओं का समन्वय अवधारणाओं को अभिनीत करने हेतु किया। फिर, उन्होंने सम्बन्धित भौतिक अवधारणाओं के नज़रिए से उनके अनुभवों पर विचार किया। हम यहाँ उनके द्वारा की गई दो केस स्टडीज़ के माध्यम से सशरीर डिज़ाइन के उदाहरण प्रस्तुत कर रहे हैं।

केस स्टडी-1 : ज़ोहर ने विद्यार्थियों को एक डांस स्टूडियो में मदद की जब विद्यार्थी सन्तुलन से जुड़ी दो महत्त्वपूर्ण अवधारणाओं को जान-समझ रहे थे : **आधार का क्षेत्रफल** एवं **द्रव्यमान केन्द्र**। 90 मिनट की चार कक्षाओं में विद्यार्थियों ने सहयोगी ढंग से कार्य करते हुए शरीर की कई मुद्राओं की छान-बीन की जो या तो सन्तुलन में थीं या असन्तुलन में। विद्यार्थियों ने जाना कि वे मुद्राएँ अधिक सन्तुलित थीं जिनके लिए आधार का क्षेत्रफल अधिक था। अलग-अलग शारीरिक मुद्राओं, जैसे कि भुजाएँ ऊपर उठाना या आगे झुकना आदि का अवलोकन करते हुए विद्यार्थियों ने यह जानने का भी प्रयास किया कि प्रत्येक मुद्रा में द्रव्यमान केन्द्र कहाँ होगा। इस प्रकार उन्होंने द्रव्यमान केन्द्र की अवधारणा की भी जाँच-पड़ताल की। आख़िर की कक्षाओं में विद्यार्थियों ने जोड़ियों में कार्य किया। एक विद्यार्थी अलग-अलग मुद्राओं का प्रदर्शन करता और दूसरा विद्यार्थी आधार के क्षेत्रफल एवं द्रव्यमान केन्द्र का निर्धारण करता था। अन्तिम परियोजना में विद्यार्थियों की जोड़ियों से कहा गया था कि वे तीन अलग-अलग सन्तुलित मुद्राओं का प्रदर्शन करें और साथ ही कक्षा के दौरान सीखी गई शब्दावली और शारीरिक चेष्टाओं की मदद से अपनी अवधारणात्मक समझ को बतलाएँ।

केस स्टडी-2 : रेखीय एवं कोणीय वेग में अन्तर पर केन्द्रित कक्षाओं की एक शृंखला। रेखीय वेग को एक सामान्य कक्षा में पढ़ाया गया जबकि कोणीय वेग को डांस स्टूडियो में। विद्यार्थियों ने एक समय पर शरीर के किसी एक अंग (जैसे सिर, हाथ, कूल्हे या पैर) का अवलोकन करते हुए वृत्ताकार गति की छानबीन करना शुरू किया। प्रत्येक विद्यार्थी ने अपने खुद के वेग व दिशा के आधार पर वृत्ताकार गति की जाँच-पड़ताल की।

अगली गतिविधि में उनको एक-दूसरे का हाथ पकड़कर एक सीधी लाइन में खड़ा किया गया। लाइन के एक छोर पर खड़े विद्यार्थी के बगल में ज़मीन पर एक बोतल रखी थी। अब उन सभी को, एक लाइन के रूप में बोतल के चारों ओर वृत्ताकार घूमने को कहा गया। उनकी गति के फलस्वरूप एक वृत्त का निर्माण हुआ, जिसका केन्द्र बोतल था एवं वे स्वयं उसकी त्रिज्या थे। कोणीय वेग को स्थिर बनाए रखने के लिए उनको कई बार अपनी गति में परिवर्तन करके सर्वसम्मति तक पहुँचना पड़ा। वृत्ताकार गति को समझने में विद्यार्थियों की मदद करने के लिए शिक्षक ने अपनी भुजा का इस्तेमाल करके उनकी गति को पुनर्निर्मित करने का एक प्रयास किया; अपनी कोहनी को केन्द्र के रूप में ज़मीन पर टिकाकर अपनी भुजा को घड़ी की उल्टी दिशा (anti clockwise) में घुमाया। यह गति बड़ी शारीरिक गतिविधि का ही निरूपण थी एवं इसने कोणीय वेग की अवधारणा को और अधिक स्पष्ट किया।

उपरोक्त दोनों केस स्टडीज़ का विश्लेषण करने पर ज़ोहर एवं साथियों ने पाया कि विद्यार्थियों के अन्तिम प्रोजेक्ट में पढ़ाई



चित्र-3 : रेखीय और कोणीय संवेग में सम्बन्ध स्थापित करना। रेखीय और कोणीय गति की तुलना करती हुई समीकरणों की पृष्ठभूमि में नर्तकों की फोटो।
Credits: Photo and illustration by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

गई भौतिक अवधारणाओं की गहरी समझ परिलक्षित हुई। ये विश्लेषण, सशरीर शिक्षण में काम करने वाले कई अन्य संज्ञान शोधकर्ताओं एवं शिक्षाविदों द्वारा भाषाविज्ञान (जैसे जॉर्ज लैकॉफ द्वारा) या कला व मानविकी (जैसे केरी चैपल द्वारा) वग़ैरह में किए गए शोध की पुष्टि करते हैं। विद्यार्थियों ने सन्तुलन व वेग की अपनी अवधारणात्मक समझ को हाव-भावों तथा पाठ में किए गए गति-सम्बन्धी क्रियाकलापों के माध्यम से अभिनीत किया। संगीत, कला, नृत्य एवं वीडियो जैसे विभिन्न माध्यमों का उपयोग करते हुए उनके प्रोजेक्ट ने शैक्षणिक डिज़ाइन के सशरीर अनुभवों की झलक प्रस्तुत की।

विज्ञान शिक्षण में मदद के लिए शिक्षक किस प्रकार सशरीर डिज़ाइन का उपयोग कर सकते हैं?

मार्गदर्शिका 1 : शारीरिक अनुभवों से शुरुआत करें

शारीरिक अनुभवों में विद्यार्थियों को सक्रिय रूप से कक्षा में शामिल करने की शक्ति होती है, और ये अकसर एक अच्छी शिक्षण प्रक्रिया के परिचायक होते हैं। सशरीर डिज़ाइन के नज़रिए से शारीरिक अनुभव एक अलग महत्ता अख़्तियार कर लेते हैं। ये अनुभव परिष्कृत अवधारणात्मक समझ के विकास के लिए एक प्रारम्भ बिन्दु का काम करते हैं।

जैसा ज़ोहर एवं साथी बताते हैं, "ये शारीरिक अनुभव ऐसे संसाधन की भूमिका निभाते हैं जो (शिक्षार्थियों को) भौतिकी की जटिल (अकसर अमूर्त) अवधारणाओं को (उनके) दैनिक अनुभवों से जोड़ने में मदद करता है।"[1] साथ ही, शारीरिक अन्तर्क्रिया सोचने एवं सीखने के कई तरीक़ों को महत्त्व प्रदान करते हैं, एवं ऐसे शिक्षार्थियों को भी जोड़ सकते हैं जिनके पास पहले से किसी औपचारिक ज्ञान का अभाव होता है। विज्ञान की कक्षा में इस महत्त्वपूर्ण बदलाव के कारण विद्यार्थी ऐसी अवधारणाओं की समझ भी बना पाते हैं, जो अन्यथा 'बेगानी' प्रतीत होती हैं।

इन विचारों को व्यवहार में उतारने का एक

चित्र-4 : शारीरिक गतिविधियों द्वारा न्यूटन के नियमों को समझना। गति के नियमों के न्यूटन द्वारा लिखित नोट्स पर आधारित रस्साकशी खेलते बच्चों का छायाचित्र।

Credits: Newton's notes from Cambridge University Library License (http://cudl.lib.cam.ac.uk/view/MS-ADD-03958/157 shared as CC-BY-NC. Image design by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

तरीक़ा है कि शिक्षक इन्हें विभिन्न शारीरिक चेष्टाओं के माध्यम से प्रस्तुत करें। अध्ययनों से पता चला है कि बातचीत के दौरान विद्यार्थी जब अपने हाथों का इस्तेमाल करते हैं तब हाथों की हरकतों से ऐसी अवधारणाएँ निर्मित करने में मदद मिलती है जिनके लिए उनके पास अभी शब्द नहीं हैं। जैसे-जैसे वे सीखते जाते हैं, शारीरिक गतिविधि एवं शाब्दिक अभिव्यक्ति के बीच अन्तरों में सामंजस्य बिठाने का प्रयास करने लगते हैं।

अध्यापक अपनी ख़ुद की शारीरिक चेष्टाओं का उपयोग करके भी विद्यार्थियों के सीखने के अनुभव को आकार दे सकते हैं। उदाहरण के लिए, ज़ोहर एवं साथियों ने यह भी पाया कि जब वेग वाले पाठ के बारे में विद्यार्थियों से एक मौखिक प्रश्न पूछा गया तो उन्होंने व्याख्यान के दौरान शिक्षक द्वारा प्रयुक्त शारीरिक हाव-भावों की नकल की। शारीरिक मुद्राओं एवं हाव-भावों पर ध्यान देना सशरीर डिज़ाइन की तरफ़ पहला क़दम हो सकता है क्योंकि इसके लिए प्रचलित शिक्षण पद्धतियों में कोई बड़ा संशोधन करने की आवश्यकता नहीं पड़ती।

क्रियान्वयन कैसे करें : अपनी शिक्षण योजना बनाने में थोड़ा समय इस बात पर लगाएँ कि कौन-सी शारीरिक क्रियाएँ सम्भवत: विज्ञान में अवधारणात्मक समझ को विकसित करने में मदद कर सकती हैं। शुरुआत के लिए आप यह कर सकते हैं कि जैसे-जैसे अवधारणाओं

चित्र-5 : ऐसी शारीरिक मुद्राएँ व हाव-भाव जो विज्ञान में अवधारणात्मक समझ को विकसित करने में मदद कर सकते हैं, अपनी शिक्षण योजना बनाते समय उनकी पड़ताल में थोड़ा समय लगाएँ।

Credits: Gesture drawings by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

चित्र-6 : विद्यार्थियों को उनके शारीरिक अनुभवों के बारे में सोच-विचार करने के अवसर प्रदान करें।

Credits: Illustration by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

की व्याख्या करें, अपनी ख़ुद की शारीरिक क्रियाओं का विश्लेषण करते जाएँ। इससे आपको शिक्षण योजनाओं पर चर्चा करते हुए अपने साथियों के साथ सहभागिता का एक अवसर भी मिलता है। आप एक-दूसरे के हाव-भावों का अवलोकन कर सकते हैं। योजना बनाते समय ऐसी अवधारणाओं का चयन करें जिन्हें विद्यार्थी शारीरिक क्रियाओं द्वारा प्रस्तुत कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, कल्पना कीजिए कि उड्डयन यांत्रिकी (flight mechanics) का अध्ययन करते समय विद्यार्थी किस प्रकार अपनी भुजाओं को हवाई जहाज़ के डैनों की तरह फैलाकर उसकी अनुकृति प्रस्तुत करने का प्रयास करेंगे।

पाठ के दौरान पारिस्थितिक तंत्रों की गतिशीलता की खोज-बीन के लिए विद्यार्थियों के स्वाभाविक हाव-भावों का फ़ायदा उठाएँ। अमूर्त एवं प्रति-सहज (counter-intuitive) विचारों व अवधारणाओं का परिचय करवाते समय, थोड़ा सहारा देकर विद्यार्थियों को नए तरीक़ों से जाँच-पड़ताल करने व आगे बढ़ने के लिए प्रेरित करें।

मार्गदर्शिका 2 : शिक्षार्थियों को सोच-विचार में शामिल करें

शिक्षण की सशरीर डिज़ाइन का एक प्रमुख घटक "शिक्षार्थियों को बहु-संवेदनात्मक क्रियाकलापों से ढाँचाबद्ध सोच की ओर ले जाना है।"[2] चिन्तनशील चर्चाएँ विद्यार्थियों की उनके हाव-भाव व चेष्टाओं की शब्दों में व्याख्या करने में मदद कर सकती हैं और इस प्रक्रिया के दौरान वे सम्बन्धित अवधारणा की समझ बना सकते हैं। कक्षा की चर्चा के माध्यम से शिक्षक, बच्चों के वास्तविक अनुभवों में नई वैज्ञानिक अवधारणाओं का समावेश कर सकते हैं और साथ ही अर्थ एवं सामूहिक निष्कर्ष विकसित करने में मदद कर सकते हैं। रचनात्मक चिन्तनशील साधन, जैसे कि पत्रिकाएँ, वीडियो ब्लॉग एवं साक्षात्कार आदि भी कक्षा की चर्चाओं में एक सार्थक परस्पर समझ (संवेदना) भी ला सकते हैं।

क्रियान्वयन कैसे करें : विद्यार्थियों को उनके शारीरिक अनुभवों के बारे में चिन्तनशील चर्चा करने के अवसर प्रदान करें। ख़ुद से पूछिए : इस अनुभव ने किस प्रकार उनके पूर्वानुमानों एवं पूर्व-अवधारणाओं को चुनौती दी? शारीरिक गतिविधियों ने कैसे वैज्ञानिक अवधारणाओं के उनके पहले से विद्यमान पैटर्न में विघ्न पैदा किया? अब उनके दिमाग़ में कौन-से नए विचार एवं प्रश्न हैं? जब कक्षा की चर्चाएँ विद्यार्थियों की रणनीतियों और सूझ-बूझ पर केन्द्रित होती हैं, तब शिक्षक सीखने के एक मानवीय वातावरण का निर्माण करता है।

मार्गदर्शिका 3 : विद्यार्थियों को बहु-शैलीगत प्रोजेक्ट के लिए प्रोत्साहित करें

प्रोजेक्ट आधारित शिक्षण के सामर्थ्य का फ़ायदा उठाते हुए, बहु-शैलीगत परियोजनाएँ अर्थ को समझने व सम्प्रेषित करने के लिए विद्यार्थियों को विभिन्न संसाधनों का उपयोग करने के अवसर प्रदान करती हैं। सहयोग-आधारित विद्यार्थी-प्रोजेक्ट शाब्दिक जवाबों से आगे जाते हैं, और वे कला, वीडियो, नृत्य, मौखिक प्रस्तुतीकरण या लघु चित्रपट के रूप में हो सकते हैं।[3] यह प्रोजेक्ट विद्यार्थियों को अधिकाधिक सहभागिता के अवसर प्रदान करते हैं, एवं अर्थ के निर्माण एवं सम्प्रेषण में शारीरिक क्रियाओं को शामिल करने की सम्भावना प्रस्तुत करते हैं। ऐसे प्रोजेक्ट जो और अधिक संसाधन – जैसे मस्तिष्क, शरीर एवं पर्यावरण – का प्रभावी रूप से उपयोग करते हैं, रचनात्मकता में वृद्धि एवं सम्प्रेषण के अतिरिक्त लाभ प्रदान करते हैं।

क्रियान्वयन कैसे करें : विद्यार्थियों को विज्ञान प्रोजेक्ट में सामाजिक, सांस्कृतिक, एवं निजी पहलुओं का समावेश करने के अवसर प्रदान करें। वैज्ञानिक प्रदर्शनियों के लिए पोस्टर बोर्ड एवं त्रिविमीय मॉडल काफ़ी उपयुक्त होते हैं, लेकिन शारीरिक गतिविधियों का उपयोग अभी कम प्रचलित

चित्र-7 : सहयोग-आधारित विद्यार्थी-प्रोजेक्ट शाब्दिक जवाबों से आगे जाते हैं, और वे कला, वीडियो, नृत्य, मौखिक प्रस्तुतीकरण या लघु फ़िल्म के रूप में हो सकते हैं।

Credits: Illustration by Punya Mishra. License: CC-BY-NC.

है। विभिन्न जीव अपने परिवेश में किस प्रकार संवाद करते हैं – इसे व्यक्त करने के लिए अध्यापक सशरीर डिज़ाइन के अनुरूप शारीरिक चेष्टाओं पर आधारित दिनचर्या को प्रोत्साहित कर सकते हैं। चुम्बकीय बल के खिंचाव व धक्के को दर्शाने के लिए, किसी परिपथ में विद्युत का प्रवाह दर्शाने के लिए, या ऊर्जा स्थानान्तरण से सम्बन्धित अवधारणाओं को व्यक्त करने के लिए विद्यार्थियों को अपने हाथों का उपयोग करने के लिए प्रोत्साहित किया जा सकता है।

समेकन

हम सोचने व सीखने की संकल्पना किस ढंग से करते हैं, शिक्षण की सशरीर डिज़ाइन उसके सामने कई अनोखी चुनौतियाँ प्रस्तुत करती है। विज्ञान के शिक्षकों के सन्दर्भ में, सशरीर डिज़ाइन विद्यार्थियों द्वारा महत्त्वपूर्ण वैज्ञानिक अवधारणाओं व प्रक्रियाओं के साथ संवाद स्थापित करने में शारीरिक चेष्टाओं की भूमिका उजागर करती है। सशरीर डिज़ाइन हमें विज्ञान शिक्षण के तौर-तरीक़ों के बारे में फिर से सोचने का अवसर प्रदान करती है। कई मायनों में, यह हमें एक ऐसी शिक्षण पद्धति प्रदान करती है जो शिक्षण को अधिक पूर्ण, संश्लिष्ट एवं मानवीय प्रक्रिया बनाती है।

मुख्य बिन्दु

- सार्थक संवाद में भाषा एवं हाव-भाव दोनों का मिला-जुला उपयोग काफ़ी सामान्य बात है।
- शिक्षण की सशरीर डिज़ाइन वैज्ञानिक अवधारणाओं की बेहतर समझ के लिए शारीरिक पहलुओं जैसे कि नृत्य, संगीत, कला आदि को सम्मिलित करती है।
- उदाहरण के लिए, नृत्य की भंगिमाओं का उपयोग आधार के क्षेत्रफल एवं द्रव्यमान केन्द्र जैसी अवधारणाओं को सीखने के लिए किया जा सकता है।
- विद्यार्थी अवधारणाओं की व्याख्या करते समय अपने शिक्षक के द्वारा प्रयुक्त किए गए शारीरिक हाव-भावों की नकल करते हैं, अतः शिक्षक स्वयं की शारीरिक क्रियाओं पर ध्यान दे सकते हैं एवं ज़रूरत के अनुसार उनमें बदलाव कर सकते हैं।
- चर्चा एवं चिन्तन विद्यार्थियों को उनकी शारीरिक क्रियाओं को भाषा से जोड़ने में मदद कर सकते हैं।
- बहु-शैलीगत प्रोजेक्ट विद्यार्थियों को अपने शरीर, मस्तिष्क एवं पर्यावरण का उपयोग करने को प्रेरित करते हैं।

Note: Credits for the image used in the background of the article title – Illustration by Punya Mishra. License CC-BY-NC.

References:

1. Abrahamson, D., & Lindgren, R. (2014). Embodiment and embodied design. In K. Sawyer (Ed.), The Cambridge Handbook of the Learning Sciences (2nd *ed.*, pp. 358-376). Cambridge, UK: CUP.
2. Zohar, R., Bagno, E., Eylon, B., & Abrahamson, D. (2017). Motor skills, creativity, and cognition in learning physics concepts. Functional Neurology, Rehabilitation, and Ergonomics, 7(3), 67-76.
3. Zohar R., Bagno, E., & Eylon, B. (2015). Dance and movement as means to promote physics learning. In Proceedings of the 7th International Conference on Education and New Learning Technologies (pp 6881-6885) Barcelona: EDULEARN15.

पॉल रीमर (वेब : paulnreimer.com) मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी में डॉक्टरल छात्र हैं एवं शैक्षणिक मनोविज्ञान एवं शैक्षणिक तकनीक पर काम पर रहे हैं। इनका शोध कार्य विज्ञान शिक्षण पर केन्द्रित है जहाँ वे गणित, विज्ञान एवं तकनीकी शिक्षा में सहभागिता को काफ़ी महत्त्व देते हैं। उनसे reimerp1@msu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता हैं।

रोहित मेहता (वेब : mehtarohit.com) कैलिफ़ोर्निया स्टेट यूनिवर्सिटी, फ्रेस्नो में पाठ्यक्रम एवं शिक्षण निर्देशन के असिस्टेंट प्रोफ़ेसर हैं। इनका शोध नए मीडिया युग में वैज्ञानिक साक्षरता, रचनात्मकता, सौन्दर्य एवं समावेशन पर आधारित है। उनसे mehta@csufresno.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

पुण्य मिश्रा (वेब : punyamishra.com) एरिज़ोना स्टेट यूनिवर्सिटी में एक शिक्षाविद शोधार्थी, डिज़ाइनर एवं मनमौजी पेशेवर हैं। इनकी रुचि जीवन, ब्रह्माण्ड एवं सब कुछ में है। विशेष रूप से, वे डगलस एडम की पुस्तकों के शीर्षकों को अपने आत्म कथन में फिट करने के शौक़ीन हैं। उनसे punya.mishra@asu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता हैं।

अनुवाद : कान्हाराम **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

बदलती दुनिया में पेड़ और मौसम

स्वाति सिद्धू

पेड़ हमारे क़रीब ही रहते हैं – हमारे घर के पिछवाड़े, बग़ीचों, मैदानों और सड़कों के किनारे। जिस पर्यावरण में ये रहते हैं, फलते-फूलते हैं उससे इनका जीवन घनिष्ठता से जुड़ा हुआ है। हम जानते हैं कि पर्यावरण बदल रहा है। इस बदलती जलवायु और मौसम के बदलते पैटर्न से ये कैसे जूझ रहे हैं?

शुरुआती अप्रैल की सुबह कुमाऊँ के पहाड़ों के ऊपरी हिस्से तुषार से ढँके हैं। केवल घुमन्तू गडरिए और उनके चपल जानवर ही फिसलन भरी खड़ी ढलानों पर चलने की हिम्मत कर रहे हैं। यह वही हैं जिन्हें पहाड़ अपने सुर्ख़ लाल *बुरांश* के फूल दिखाता है (देखें **चित्र-1**)। इन फूलों का प्रकट होना बसन्त की शुरुआत का संकेत है जो ढलानों और रास्तों में रंग भर देता है। यह बहार पक्षियों और मधुमक्खियों को (थोड़े मीठे मकरन्द के बदले परागण के लिए) और लोगों को (इन फूलों का उपयोग स्थानीय रूप से शरबत बनाने में होता) आकर्षित करती है। परन्तु इन हिमालयी पेड़ों के लिए सब कुछ ठीक-ठाक नहीं है। आस-पास हो रहे जलवायु परिवर्तनों से ये पहाड़ भी अछूते नहीं हैं और *बुरांश* जनवरी में ही खिलने लगे हैं।[1] बहुत सम्भव है कि पहाड़ों की पहचान इस पेड़ के फूलने की लय में परिवर्तन, इन पहाड़ों पर बसने वाले पेड़-पौधों, जन्तुओं और लोगों के बीच पाए जाने वाले अन्तर्सम्बन्धों के जटिल ताने-बाने में, उथल-पुथल पैदा करेगी।

पेड़ अपने पर्यावरण से घनिष्ठता से जुड़े होते हैं

पेड़ उस समय फूलते हैं जब उनके परागित होने की अच्छी सम्भावनाएँ हों, फल उस समय बनाते हैं जब उनके बीजों के बिखराव के अच्छे अवसर हों, और बीज अंकुरित उस समय होते हैं जब ऐसा करने के लिए पर्याप्त संसाधन हों। कुछ पेड़-पौधों में यह व्यवहार मौसमी होता है – पुष्पन के एक स्पष्ट चक्र के रूप में।[2] उदाहरण के लिए सेमल का पेड़ (*Bombax ceiba*) सर्दियों में तब फूलता है जब इसकी अधिकांश पत्तियाँ झड़ चुकी हों (देखें **चित्र-2**)। इसके चटक लाल फूल पक्षियों के लिए आकर्षण का केन्द्र होते हैं जो मकरन्द पीने हेतु इनके आस-पास ही मँडराते रहते हैं और इनका परागण करते हैं।[3] मार्च-अप्रैल के सूखे हवाई महीनों में,

इनके फल फटते हैं, जिससे बीज मुक्त होकर दूर-दूर तक बिखर जाते हैं। पेड़ों की जो प्रजातियाँ अपने पुष्पन व्यवहार में मौसमी नहीं होतीं वे एक समय में ही कुछ ही फूल उत्पन्न करती हैं पर लगातार कई महीनों तक ऐसा करती रहती हैं।[2] उदाहरण के लिए कुछ फिग वृक्ष (जैसे अंजीर, गूलर वगैरह) वर्ष के किसी भी समय फूलते रहते हैं।

ये दोनों युक्तियाँ अलग-अलग तरह से फ़ायदेमन्द होती हैं। जो प्रजातियाँ थोड़े समय के लिए फूलती हैं वे खूब फूलती हैं और ढेर सारे परागणकर्त्ताओं और बीज बिखेरने वालों को आकर्षित करती हैं। जो जन्तु उनकी पत्तियाँ और फल खाते हैं, उनकी वजह से होने वाले नुक़सान को भी वे साल की कुछ अवधि तक सीमित करने का जुगाड़ भी कर लेती हैं। इसके विपरीत ऐसे पेड़ जिनके फूलने का मौसम स्पष्ट नहीं होता वे अपने परागणकर्त्ताओं को साल भर व्यस्त रखते हैं जिससे उनके प्रजनन की सम्भावनाएँ बढ़ जाती हैं।

चूँकि ये सभी अवस्थाएँ पेड़ के जीवन चक्र से जुड़ी हैं, अतः किसी एक अवस्था में सफलता आगे आने वाली अवस्था की सफलता तय करती है। इस तरह पेड़ों, उनके पर्यावरण और उनके आस-पास के जन्तुओं के बीच एक अन्तरंग सम्बन्ध होता है।

भारतीय पेड़ों में ऋतु चक्र

भारत में हम मोटेतौर पर चार मौसमों का अनुभव करते हैं - जाड़ा (दिसम्बर से मार्च), गर्मी (अप्रैल से जून/जुलाई), मानसून (जून/जुलाई से सितम्बर) और मानसून उपरान्त

चित्र-1 : सुर्ख़ लाल *बुरांश* के फूल।

Credits: Swati Sidhu, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhododendron_flowers_Uttarakhand.jpg. License: CC-BY-SA.

चित्र-2 : फूलों से लदा हुआ *सेमल* का पेड़। रंगीले बड़े फूल मैना, ड्रोंगों और तोतों जैसे कई पक्षियों को आकर्षित करते हैं।

Credits: Dr. Raju Kasambe, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bombax_ceiba_Silk_Cotton_by_Dr._Raju_Kasambe_IMG_0073_(2).jpg. License: CC-BY-SA.

(अक्टूबर से नवम्बर)। हम कहाँ रहते हैं, इस आधार पर हम ज़्यादा लम्बी गर्मियों (उत्तर पश्चिमी भारत), जल्दी मानसून (दक्षिण और उत्तर पूर्व भारत) या ज़्यादा ठण्ड (उत्तरी और मध्य भारत) का अनुभव कर सकते हैं। प्रायद्वीपीय और उत्तर पूर्वी क्षेत्रों में हमें दो स्पष्ट वर्षा कालों या मानसून का सामना करना पड़ सकता है (देखें **बॉक्स-1**)। अतः हम देश के जिस हिस्से में रहते हैं, उसके आधार पर हम साल को कई मौसम में बाँट सकते हैं जो वहाँ के सन्दर्भ में प्रासंगिक हों। कुछ भी हो, मानसून इस तरह की गतिविधि के केन्द्र में रहेगा।

यह अपेक्षित है कि मानसून देश में जलवायु पैटर्न के लिए और पेड़ों पर नई पत्तियों के आने और पुष्पन के मौसमी चक्र के लिए भी शक्तिशाली चालक होगा। उदाहरण के लिए मानसून के कारण उत्पन्न मौसमी सूखे और नमी की स्थितियाँ पतझड़ और नई पत्तियों के आने के चक्र को प्रभावित करती हैं। नतीजतन, इसका जुड़ाव पेड़ों के फलने और फूलने से देखा गया है।[4]

बॉक्स-1 : भारतीय मानसून

ज़मीन और समुद्रों में तापमान के अन्तर के कारण पैदा होने वाला मानसून बहुत ही महत्त्वपूर्ण मौसमी घटना है जो पूरे उपमहाद्वीप में पानी की उपलब्धता को साल के कुछ महीनों तक सीमित रखता है। विभिन्न क्षेत्रों और आवासों में पेड़ मौसमीपन और वर्षा की उपलब्धता के अनुसार अपने आप को विभिन्न तरीक़ों से तैयार करते हैं। दक्षिण-पश्चिम मानसून (जून से सितम्बर) निर्मित होता है क्योंकि गर्मियों में समुद्र की सतह की तुलना में ज़मीन की सतह अधिक गर्म होती है। इस कारण पृथ्वी पर एक कम दबाव का क्षेत्र बन जाता है जो नमी युक्त हवा को समुद्र से अपनी ओर खींचता है। जब समुद्र से हवा ज़मीन पर बहती है तो गर्म हो जाती है और गर्म होकर ऊपर की ओर उठती है और ठण्डी हो जाती है। जैसे ही यह ठण्डी होती है नमी को थामे रखने की इसकी क्षमता घट जाती है, जिस कारण पूरे भारत में वर्षा होती है। उत्तर-पूर्वी मानसून (दिसम्बर से मार्च) उठता है क्योंकि सर्दियों में भारतीय उपमहाद्वीप के उत्तरी भाग में ज़मीन की सतह समुद्र की सतह की तुलना में ठण्डी होती है। यह ज़मीन पर एक उच्च दबाव का क्षेत्र बनाती है जिसके कारण यहाँ से हवाएँ समुद्र की ओर बहने लगती हैं। हिन्द महासागर की ओर चलने वाली ये हवाएँ बंगाल की खाड़ी से नमी उठाती हैं और प्रायद्वीपीय भारत में वर्षा लाती हैं।

कुछ आम भारतीय पेड़ों पर किए गए अवलोकनों से पता चलता है कि उनमें बहुत अलग-अलग मौसमी पैटर्न दिखाई देते हैं। भारतीय बादाम का पेड़ (*Terminalia catappa*) अपनी पत्तियाँ सर्दियों में गिरा देता है, और आश्चर्यजनक रूप से कुछ ही दिनों में पुरानी पत्तियों की जगह ताज़ी हरी पत्तियाँ ले लेती हैं (देखें **चित्र-3**)। दूसरी ओर, कुलू (*Sterculia urens*) का पेड़, जो शुष्क स्थानों पर भली-भाँति उगता है, आधे साल से भी अधिक समय तक पत्ती विहीन अवस्था में रहता है (देखें **चित्र-4**)। पेड़ों पर फूल भी वर्ष में अलग-अलग समय आते हैं। कुछ प्रजातियाँ दिन की घटती लम्बाई और कम होते तापमान का इशारा पाकर सर्दियों में फूलती हैं। कुछ सर्दी की समाप्ति पर फूलती हैं जब दिन लम्बे होने लगते हैं और तापमान बढ़ने लगता है। अन्य पेड़ वर्षा काल में फूलते हैं – पानी की उपलब्धता को फूलने के संकेत या इशारे के रूप में पाकर। उदाहरणार्थ, हिमालयी चेरी (*Prunus cerasoides*) सर्दी की शुरुआत में फूलता है (देखें **चित्र-5**), भारतीय अमलतास (*Cassia*

चित्र-3 : उत्तरी बेंगलूरु में *बादाम (Terminalia catappa)* का एक पेड़। जनवरी में (क), और दो सप्ताह बाद फरवरी में (ख)। कुछ ही दिनों के भीतर पुराने लाल पत्ते झड़ जाते हैं, और उनके स्थान पर ताज़ी हरी पत्तियाँ आ जाती है।

Credits: Swati Sidhu. License: CC-BY-NC.

चित्र-4 : कुलू *(Sterculia urens)* पेड़ लम्बी अवधि तक बिना पत्ते के रहता है (क) और छोटी अवधि में पत्तेदार (ख) अवस्था में रहता है। यह वृक्ष सूखाग्रस्त इलाक़ों में उगता है और साल में कई महीनों तक पत्ता-विहीन रहकर जीवित रहता है।

Credits: Pushar04, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sterculia_urens_raigad_maharashtra_2.jpg. License: CC-BY-SA.

Credits: J.M. Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sterculia_urens_W_IMG_1914.jpg. License: CC-BY-SA.

चित्र 5 : मेघालय में *हिमालयी चेरी (Prunus cerasoides)* सर्दियों की शुरुआत में भरपूर फूलता है।

Credits: Swati Sidhu, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cherry_tree_Meghalaya.jpg. License: CC-BY-SA.

fistula) गर्मी में खिलता है (देखें **चित्र-6**), और बबूल (*Acacia nilotica)* वर्षा की पहली बौछार पर ही खिल उठता है (देखें **चित्र-7**)।

रोचक बात यह है कि भारत के शुष्क और नम हिस्सों की 100 से अधिक प्रजातियों के फूलने के समय पर किया गया अध्ययन बताता है कि अधिकांश (56%) मार्च और जून के बीच फूलती हैं जब तापमान और दिन की लम्बाई बढ़ने लगती है।[5] इस अध्ययन में शुष्क कटिबन्धीय पेड़ों पर नई पत्तियाँ आने और पतझड़ के पैटर्न का भी अध्ययन किया गया था। पता चला कि नई पत्तियाँ वर्ष के शुष्क हिस्से में ही आना शुरू हो जाती हैं, मानसून आने के लगभग एक-दो माह पूर्व ही। हालाँकि सूखे मौसम में नई पत्तियों का आना विरोधाभास लग

चित्र 6 : गर्मियों की शुरुआत में *अमलतास (Cassia fistula)* भरपूर फूलता है।

Credits: Swati Sidhu, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cassia_fistula_Meghalaya.jpg. License: CC-BY-SA.

चित्र 7 : *बबूल (Acacia nilotica)* बारिश की पहली बौछार के साथ फूलना शुरू कर देता है।

Credits: J.M Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Babool_(Acacia_nilotica)_flowers_at_Hodal_W_IMG_1248.jpg. License: CC-BY-SA.

सकता है लेकिन पेड़ शायद शुरुआती बढ़त के लिए ऐसा करते होंगे। यहाँ तक कि उन पेड़ों में जिनमें नई पत्तियाँ आने की शुरुआत गर्मी में ही हो जाती है, उनमें भी देखा गया है कि पर्ण-कलिकाएँ वर्षा आने पर ही विकसित होती हैं और तेजी से बढ़ती हैं। इस प्रकार जहाँ पर्ण कलिकाओं का आना मुख्य रूप से दिन की लम्बाई और तापमान में परिवर्तन से होता है, वहीं पत्तियों, फूलों और फलों की वृद्धि और उत्तरजीविता मुख्य रूप से वर्षा में परिवर्तन से ही प्रभावित होती है।

पेड़ों की बदलती लय

आजकल हम अकसर चरम मौसमी घटनाओं के बारे में सुनते हैं – अत्यधिक उच्च या निम्न तापमान या बहुत ही कम या बहुत अधिक वर्षा के कारण अप्रत्याशित सूखा या बाढ़ जैसी घटनाएँ। ये जलवायुगत परिवर्तन सारी दुनिया के पेड़ों को व्यापक रूप से और कई तरह से प्रभावित कर रहे हैं, ऐसा एक असर इनके फूलने के पैटर्न में देखा जा रहा है।[6] उदाहरण के तौर पर केरल में सिटीज़न साइंस के प्रयासों से जो आँकड़े जुटाए गए हैं उनसे पता चलता है कि भारतीय अमलतास (*Cassia fistula*) जिसके बारे में हमें मालूम है कि यह विशु (मलयाली नव वर्ष) के आस-पास फूलता है अब साल भर फूल रहा है, अधिकतम पुष्पन में अनियमितता के साथ।[7] इसी तरह हिमालय का बुरांश (*Rhodendron arboreum*) और पलाश (*Butea monosperma*) जो मार्च-अप्रैल के दौरान फूलता था, अब जनवरी में ही खिलने लगा है।

पर्यावरण के परिवर्तन पौधों के जीवन को न सिर्फ प्रत्यक्ष तौर पर प्रभावित करते हैं परन्तु उन्हें बाँधे रखने वाले आपसी सम्बन्धों के जाल में नीचे की ओर भी प्रसारित होते हैं। पेड़ों की प्रजातियाँ अपने परागण और बीज बिखराव के लिए जिन जन्तुओं पर आश्रित हैं वे भी मौसमी लय दिखाते हैं। उन्हें भी वर्ष के कुछ विशेष समय में भोज्य संसाधनों की ज़रूरत होती है, ख़ासतौर पर जब वे प्रजनन कर रहे हों या घोंसला बना रहे हों। उदाहरण के लिए फल भक्षी बड़े पक्षी जैसे हॉर्नबिल पेड़ों की गुहाओं में घोंसले बनाते हैं। जब मादा स्वयं को बच्चों के पालन-पोषण के लिए घोंसले में बन्द कर लेती है तब इस दौरान नर, माँ और बच्चों के लिए पौष्टिक फल ढूँढ़-ढूँढ़कर लाता है। हॉर्नबिल के चूज़ों को सफलतापूर्वक अण्डों से निकलने और उड़ने के लिए ज़रूरी है कि घोंसला बनाने का समय जंगल में फलों के उत्पादन और उपलब्धता से मेल खाए। इस तरह पेड़ के फूलने और फलने के पैटर्न में कोई भी परिवर्तन इन चूज़ों के जीवित रहने और वृद्धि की सम्भावनाओं पर सीधा असर डालेगा।

अपने पर्यावरण में होने वाले परिवर्तनों की पहचान

हमारे आस-पास के पर्यावरण में होने वाले परिवर्तनों को समझने का एक तरीक़ा पेड़ों की लय पर नजर रखने का है। यह कोई नई बात नहीं है, दुनिया के कई हिस्सों के लोग पेड़ों में नई पत्तियों का और फूलों के खिलने का अवलोकन करते रहे हैं और इन घटनाओं का ब्यौरा भी रखते आए हैं। उदाहरण के लिए, टोक्यो (जापान) में चेरी के पेड़ों की पिछले 1200 वर्षों तक की जानकारी हमारे पास है। इन सुन्दर और अल्पावधि (क्षणिक) बहार के इस रिकॉर्ड में इनका सांस्कृतिक महत्त्व झलकता है। इसकी बहार को देखने और इसके नीचे बैठने की प्रथा को जापान में 'हनामी' कहते हैं। यह प्रथा जापानी समुदाय में गहराई तक रची-बसी है (देखें **चित्र-8**)। वैज्ञानिकों ने चेरी की इन बहारों का रिकॉर्ड सदियों से संजोया हुआ है जिससे पता चलता है कि यह प्रजाति अब पहले की तुलना में जल्दी फूल रही है और यह बदलाव बसन्त के तापमान में बढ़ोतरी से मेल खाता है।[8]

चित्र-8 : टोक्यो में *चेरी ब्लॉसम* के फूलों से लदे पेड़।

Credits: Tyoron2, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Chidorigafuchi_sakura.JPG. License: CC-BY.

इस तरह के दीर्घकालिक अवलोकनों को दर्ज करना दुनिया में हो रहे परिवर्तनों की हमारी समझ बढ़ाने में महत्त्वपूर्ण होता है। हरेक प्रजाति के इस तरह के अवलोकन करने और रिकॉर्ड रखने के लिए ज़रूरी काम की विशालता को देखते हुए इस तरह के प्रयासों में जनता के सहयोग की आवश्यकता होती है। इस ज़रूरत ने बड़े पैमाने के नागरिक विज्ञान प्रयासों को जन्म दिया है, जैसे यूएसए नेशनल फिनॉलॉजी नेटवर्क (राष्ट्रीय ऋतुजैविकी नेटवर्क) और यूरोपियन फिनॉलॉजी नेटवर्क। ये रुचि रखने वाले लोगों को उनके आस-पास की पेड़ प्रजातियों की ऋतुजैविकीय घटनाओं को देखने और उनका लेखा-जोखा रखने हेतु प्रोत्साहित करते हैं। सीज़न वॉच (www.seasonwatch.in) ऐसा ही एक भारतीय प्रकल्प है जहाँ प्रतिभागी, विशेष रूप से बच्चे, पड़ोस और स्कूल के प्रांगण के पेड़ों को गोद लेते हैं और गोद लिए हुए पेड़ों के फूलने-फलने और नई पत्तियाँ आने का रिकॉर्ड रखते हैं। इस तरह के प्रयासों में भागीदारी हम में से प्रत्येक को जलवायु परिवर्तन की एक आम समझ बनाने का मौका उपलब्ध कराती है और ऐसे निर्णय से जुड़ने के लिए अच्छी तरह से तैयार करती है जो हमारे ग्रह के स्वास्थ्य को प्रभावित करते हैं।

मुख्य बिन्दु

- पेड़ फूलते उस समय हैं जब उनके पास परागित होने की अच्छी सम्भावनाएँ हों, फल उस समय बनाते हैं जब उनके बीजों के लिए बिखराव के अच्छे अवसर हों, और अंकुरित उस समय होते हैं जब ऐसा करने के लिए पर्याप्त संसाधन हों।
- चूँकि फूलना और अंकुरित होना सभी पेड़ों के जीवन चक्र से जुड़ा होता है अतः किसी एक अवस्था में सफलता आगे आने वाली अवस्थाओं की सफलता भी तय करती है।
- पेड़ों में मौसमी बदलाव भी पर्यावरण से प्रभावित होते हैं। नई पर्ण-कलिका का आना दिन की लम्बाई और तापमान से जुड़ा हो सकता है परन्तु पत्तियों, फूलों और फलों की वृद्धि और उत्तरजीविता मुख्य रूप से वर्षा में परिवर्तन से जुड़े हुए हैं।
- चरम मौसमी घटनाएँ, जो मानव जनित जलवायु परिवर्तन का लक्षण हैं, पेड़ों के फूलने और फलने के पैटर्न में व्यवधान डालती हैं।
- पेड़ों की लय में इन व्यवधानों का प्रभाव पारिस्थितिक सम्बन्धों के जाल को प्रभावित करता है। उदाहरणार्थ यह उन कीटों, पक्षियों और मानवों को प्रभावित करता है, जो जीवित रहने और फलने-फूलने के लिए साल के विशेष समय पर फूलों और फलों पर आश्रित रहते हैं।
- सिटीज़न साइंस के कई प्रयास (जैसे सीज़नवॉच) हमें उनमें सहयोगी बनने का अवसर उपलब्ध कराते हैं जिनका उद्देश्य इस ग्रह के स्वास्थ्य के बारे में निर्णय लेने के लिए हमें अच्छी तरह से तैयार करना है।

आपके आँगन में जीवन : गतिविधि शीट

किसी पेड़ का अवलोकन

1. *घर के किसी सदस्य या दोस्त के साथ अपने स्कूल या घर के आस-पास कोई पेड़ ढूँढ़ें, जिसका आप सुरक्षित रूप से 10 मिनिट तक अवलोकन कर सकें।*
2. *क्या इसमें पत्तियाँ, फूल और फल हैं? वे किस रंग के हैं?*
3. *सावधानी से, बिना हलचल किए अपने पेड़ को देखें। क्या आपको इसमें कोई जीव दिखाई दे रहे हैं? ये पेड़ के किस भाग पर हैं? ये क्या कर रहे हैं?*
4. *पेड़ के नीचे गिरी हुई पुरानी पत्तियों को देखें। इनमें से कुछ उठाएँ।*
5. *इन पत्तियों को अपनी कक्षा में दिखाएँ और अपने दोस्तों से इस पेड़ का नाम पूछें। अगर ज़रूरत हो तो उन्हें पेड़ को पहचानने के लिए कुछ संकेत दे सकते हैं।*

रचनाकार :

स्वाति सिद्धू सीज़न वॉच के साथ काम करती हैं। सीजन वॉच सिटिज़न साइंस का एक प्रोजेक्ट है जो भारत में पेड़ों की ऋतुजैविकी (फिनॉलॉजी) की निगरानी करता है। उनसे swati@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अर्पिता पाण्डे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

आपके आँगन में जीवन : गतिविधि शीट

आस-पास के पेड़

1. अपने स्कूल परिसर में या घर के आस-पास घूमकर 10 पेड़ों को देखें।
2. तालिका में प्रत्येक पेड़ का नाम (यदि पता हो तो) लिखें और यदि नहीं पता है तो अपने पेड़ का कुछ नाम रख लें।
3. हर एक पेड़ को देखें कि उसमें पत्तियाँ, फूल या फल हैं? यदि हैं, तो तालिका में 'हाँ' लिखें, अन्यथा 'नहीं' लिखें।
4. जब सभी 10 पेड़ों के लिए यह काम कर लें, तो तुलना करें कि इनमें से कितने पेड़ों में तीनों : पत्तियाँ, फूल, और फल हैं?
5. क्या सभी पेड़ों में एक समान चीज़ें हो रही हैं या कुछ अन्तर हैं?
6. आपने इस बारे में क्या पता किया, अपनी कक्षा में बताएँ।

क्रमांक	पेड़ का नाम	पत्तियाँ	फूल	फल

i wonder... Rediscovering school science

रचनाकार :

स्वाति सिद्धू सीज़न वॉच के साथ काम करती हैं। सीजन वॉच सिटिज़न साइंस का एक प्रोजेक्ट है जो भारत में पेड़ों की ऋतुजैविकी (फिनॉलॉजी) की निगरानी करता है। उनसे swati@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

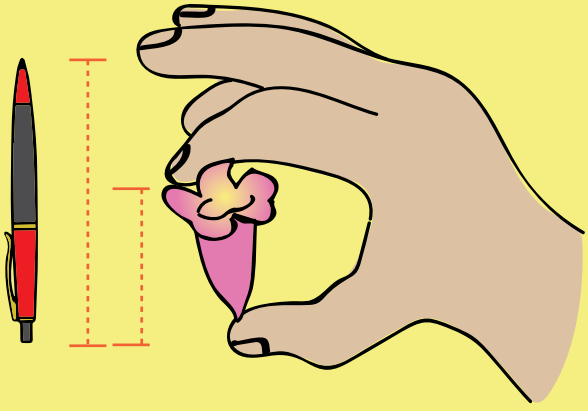
अनुवाद : अर्पिता पाण्डे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

Azim Premji University

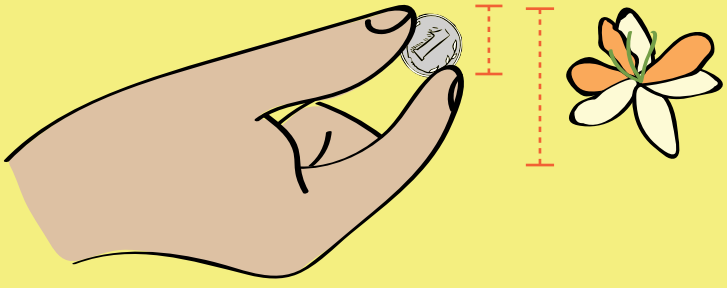
आपके आँगन में जीवन : गतिविधि शीट

फूल और उनके आगन्तुक

किसी फूल के आकार की तुलना किसी जानी-पहचानी वस्तु से करना



फूल की लम्बाई पेन से आधी है



फूल की चौड़ाई एक सिक्के से दोगुनी है

1. *दो फूलदार पौधे (पेड़, झाड़ी या शाक) चुनें, जिसे आप आराम से देख सकें।*
2. *इन दोनों पौधों पर फूलों का सावधानी से अवलोकन करें। फूलों का रंग क्या है?*

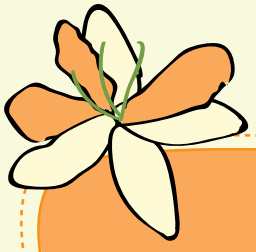
   इनकी आकृति सामान्य तौर पर कैसी है (गोल, सितारे के आकार की, त्रिकोण या बेलनाकार)? ये कितने बड़े (लम्बे-चौड़े) हैं? आप इनके आकार की तुलना किसी जानी-पहचानी चीज़ जैसे पेन्सिल, सिक्के या हथेली आदि से कर सकते हैं। आप इनके चित्र बना सकते हैं और अपने अवलोकन दर्ज कर सकते हैं।
3. *इन दोनों पौधों में से एक को चुन लें और 10 मिनट तक देखें कि इस फूल पर कौन-से जीव आते हैं। यह नोट करें कि ये किस प्रकार के जीव हैं (चींटी, मकड़ी, तितली ,मधुमक्खी, चिड़िया आदि) और ये कितने हैं? सावधानी से यह भी देखें कि ये जीव पौधों पर क्या कर रहे हैं? यह लिखना न भूलें कि दोनों पौधों में से आप किस का अवलोकन कर रहे हैं और किस समय पर कर रहे हैं (जैसे 9:00 am या 9:10 am)।*
4. *जिन दो पौधों को आपने चुना है क्या आपको उनके नाम पता हैं? यदि नहीं तो जो आपने अभी तक सीखा उसके आधार पर उनके नाम रखें। जो कुछ आपने पता किया है उसे कक्षा में बताएँ।*

आपके आँगन में जीवन : गतिविधि शीट

फूल और उनके आगन्तुक

अपने अवलोकन नीचे तालिका में नोट करें।

फूल का विवरण

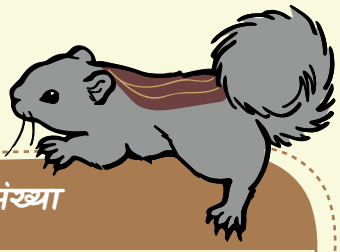


	फूल 1	फूल 2
आकार		
आकृति		
रंग		

आगन्तुक जीव

पौधा :

समय :



	जीव का प्रकार	संख्या
जीव 1		
जीव 2		
जीव 3		
जीव 4		

रचनाकार :

स्वाति सिद्धू सीज़न वॉच के साथ काम करती हैं। सीजन वॉच सिटिज़न साइंस का एक प्रोजेक्ट है जो भारत में पेड़ों की ऋतुजैविकी (फिनॉलॉजी) की निगरानी करता है। उनसे swati@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अर्पिता पाण्डे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

Note:

1. Image used in the background of the article title – *Semal* in bloom. Credits: Dinesh Valke. URL: https://www.flickr.com/photos/dinesh_valke/4255658466. License: CC-BY-SA.
2. Image of Babool bloom used on page 61 – *Acacia nilotica* flowers. Credits: TREEAID. URL: https://www.flickr.com/photos/53871588@N05/5749766025. License: CC-BY.

References:

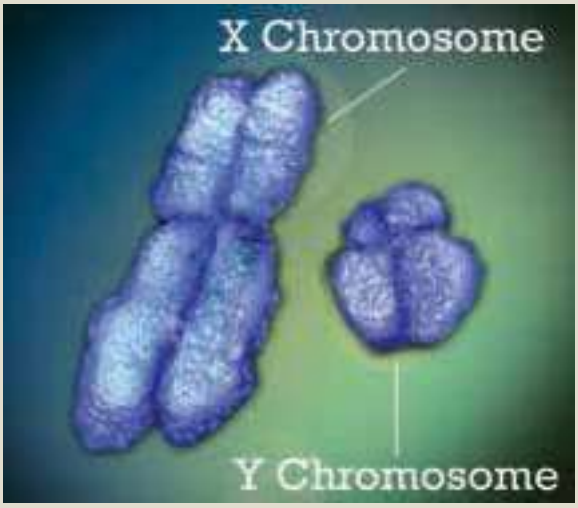
1. Nidhi Jamwal (2018). Himalayan rhododendron flowers are blooming in winter instead of spring. Is climate change to blame? Scroll.in. URL: https://scroll.in/article/868585/himalayan-rhododendron-flowers-are-blooming-in-winter-instead-of-spring-is-climate-change-to-blame.
2. Stephen G. Pallardy (2008). Reproductive growth in Physiology of Woody Plants (3rd Edition).
3. Murali KS and R Sukumar (1994). Reproductive phenology of a dry tropical forest in Mudumalai, southern India. Journal of Ecology, 82: 759–767.
4. Singh KP and Kushwaha CP (2006). Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. Annals of Botany, 97: 265–276.
5. Singh KP and Kushwaha CP (2005). Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. Current Science, 89: 964–975.
6. Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C and Pounds JA (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature, 421: 57–60. URL: https://www.uni-landau.de/umwelt/study/content/files/archiv/H.Schulz/WS09/Biodiversitaet_und_Naturschutz/Root%20et%20al%202003.pdf.
7. Geetha Ramaswami and Suhel Quader (2018). The case of the confusing Kanikonna trees. The Wire. URL: https://thewire.in/environment/the-case-of-the-confusing-kanikonna-trees.
8. Yasuyuki Aono and Keiko Kazui (2008). Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of springtime temperatures since the 9th century. International Journal of Climatology, 28: 905-914.

स्वाति सिद्धू सीज़न वॉच, सिटिज़न साइंस के साथ काम करती हैं। सीज़न वॉच भारत में पेड़ों की ऋतुजैविकी (फिनॉलॉजी) की निगरानी करता है। उनसे swati@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : किशोर पवार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

विविध

लड़की (मादा) को X गुणसूत्र कहाँ से मिलते हैं?



X और Y गुणसूत्र मनुष्य का लिंग निर्धारण करते हैं।

Credits: Jonathan Bailey, National Human Genome Research Institute, National Institutes of Health.
URL:https://www.flickr.com/photos/nihgov/28189336441.
License: CC-BY-NC.

मनुष्यों में मादाओं में 'X,X' लिंग गुणसूत्र, और नरों में 'X,Y' लिंग गुणसूत्र पाए जाते हैं।

लेकिन, किसी मादा को दो X गुणसूत्र कैसे प्राप्त होते हैं?

- उसका पिता X गुणसूत्र अपनी माता से प्राप्त करता है चूँकि सारी मादाएँ 'X, X' होती हैं, इसलिए मादा अपने अण्डे में एक X गुणसूत्र का योगदान करती है, चाहे उस अण्डे से नर पैदा हो या मादा। इसी प्रकार पिता को Y गुणसूत्र अपने पिता से मिलता है।
- मादा के पिता में X और Y गुणसूत्र पुनर्मिश्रित नहीं हो पाते हैं, क्योंकि अलिंगी सूत्रों की भाँति न होकर ये एक-दूसरे से भिन्न होते हैं। इसलिए पिता जो X गुणसूत्र अपनी माता से प्राप्त करता है, अपनी मादा सन्तान को उस X गुणसूत्र की अपरिवर्तित प्रति प्रदान करता है।
- तो, मादा एक X गुणसूत्र अपनी माता से प्राप्त करती है और दूसरा X गुणसूत्र अपनी दादी से प्राप्त करती है (पिता के माध्यम से)।

रोहिणी चिन्ता आनुवंशिकी और जैव प्रौद्योगिकी विभाग, यूनिवर्सिटी कॉलेज फॉर वुमेन, हैदराबाद में सहायक प्राध्यापक (C) हैं। वे काफ़ी उत्साह से बच्चों के लिए लिखती हैं। "ख़ुशहाल बचपन ख़ुशहाल समाज का निर्माण करता है" वे इस बात में विश्वास रखती हैं। उनकी लगभग 85 कहानियाँ विभिन्न पत्रिकाओं में छप चुकी हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

खगोलविज्ञान में दूरियाँ

आनन्द नारायणन

हम पृथ्वी से सूर्य की दूरी के बारे में कैसे जानते हैं? या अपनी निकटतम निहारिका की दूरी के बारे में? इस लेख में चार विधियों का वर्णन किया गया है जिनका उपयोग खगोलविज्ञानी अन्तरिक्ष में दूरियों के मापन में करते हैं।

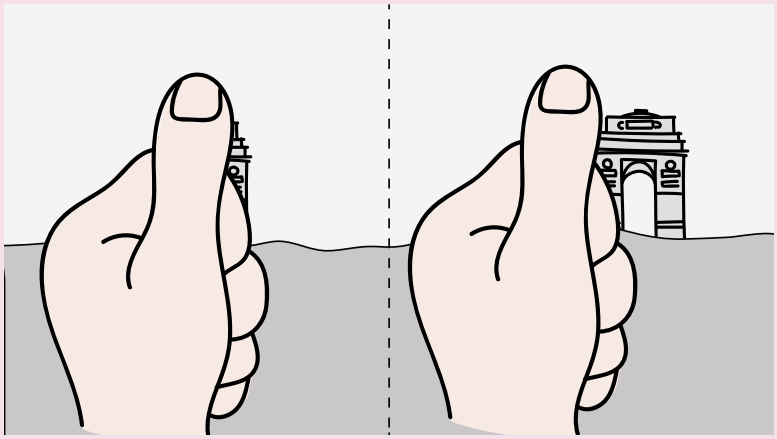
खगोलविज्ञान का हमारा अधिकांश ज्ञान इस बात पर आधारित है कि हम अन्तरिक्ष में दूरियों का मापन करने में कितने सक्षम हैं। कई अन्य उपयोगी जानकारियों के अलावा खगोलीय दूरियों का ज्ञान हमें यह समझने में मदद करता है कि अन्तरिक्ष में तारे, तारों के समूह (clusters), नेबुला, निहारिकाएँ आदि किस प्रकार फैले हुए हैं; या उनकी जो चमक हमें दिखती है, उसकी तुलना में वे वास्तव में कितने चमकीले हैं। अलबत्ता, उन दूरियों के पैमाने को देखते हुए बाह्य अन्तरिक्ष में स्थित पिण्डों की दूरियों को नापना कोई साधारण काम नहीं है।

समय के साथ खगोलविज्ञानियों ने कुछ रोचक विधियों की खोज की है जिनके द्वारा अपनी आकाशगंगा के साथ-साथ अन्य निहारिकाओं में स्थित तारों की दूरियों का पता लगाया गया। इन विधियों में कुछ निम्नलिखित हैं :

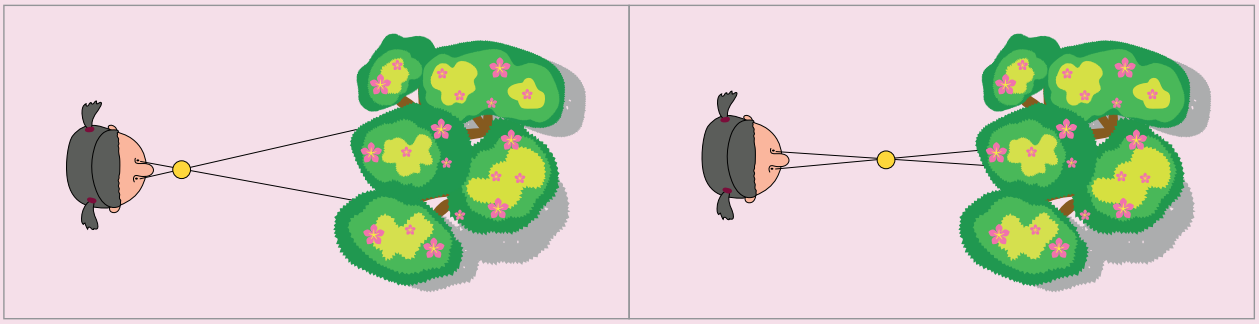
1. त्रिकोणमितीय विस्थापनाभास (parallax) : यह तकनीक उन तारों की दूरियों का आकलन करने में उपयोगी होती है जो हमसे कुछ सौ प्रकाश वर्ष दूर हैं (देखें **बॉक्स-1**)।
2. परिवर्ती तारों का प्रेक्षण : यह तकनीक अपनी आकाशगंगा एवं आस-पास की अन्य निहारिकाओं में उपस्थित परिवर्ती तारों और परिवर्ती तारों युक्त तारों के समूह की दूरियाँ ज्ञात करने में उपयोगी है (देखें **बॉक्स-2**)।
3. अन्धकार में मानक कैण्डल का प्रेक्षण : इस तकनीक का उपयोग ऐसी आकाशगंगाओं की दूरियों का आकलन करने में किया जाता है जिनमें सुपरनोवा विस्फोट (मानक कैण्डल) घटित हो रहे होते हैं (देखें **बॉक्स-3**)।
4. निहारिकाएँ जिस वेग से हमसे दूर जा रही हैं, उस वेग का आकलन : यह तकनीक उन निहारिकाओं की दूरियों का आकलन करने में उपयोगी है जो 10 करोड़ प्रकाश वर्ष से अधिक दूर हैं (देखें **बॉक्स-4**)।

बॉक्स-1 : त्रिकोणमितीय विस्थापनाभास (parallax)

अपनी मुट्ठी बन्द करके हाथ को सीधा करें, अँगूठा ऊपर की ओर रहना चाहिए। पहले अपने अँगूठे को बाईं आँख से देखने का प्रयास करें और उसके बाद दाईं आँख से। ऐसा करने पर काफ़ी दूर स्थित वस्तुओं की पृष्ठभूमि के सापेक्ष आपको अपने अँगूठे में कुछ विस्थापन दिखाई पड़ेगा। इस विस्थापन को त्रिकोणमितीय पैरेलक्स या विस्थापनाभास कहा जाता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि आप अँगूठे को दो अलग-अलग दृष्टिकोण से देख रहे हैं।



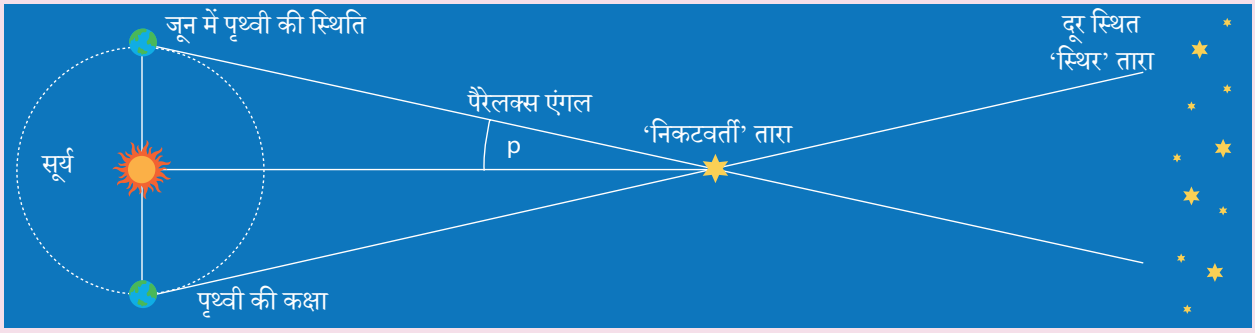
जब आप इस गतिविधि को अपने अँगूठे की बजाय किसी अन्य वस्तु (जैसे गेंद) के साथ दोहराएँगे जो आपसे थोड़ी ज़्यादा दूरी पर रखी है, तब भी गेंद में आप थोड़ा बहुत विस्थापन देख सकते हैं। परन्तु, अँगूठे की तुलना में इस बार विस्थापन कम होगा। दरअसल, यदि गेंद आपसे काफ़ी ज़्यादा दूर है तो आपको बिल्कुल भी विस्थापन नज़र नहीं आएगा। अतः वस्तुओं की स्थिति में विस्थापन की मात्रा हमें यह बताती हुई प्रतीत हो रही है कि वे अपेक्षाकृत कितनी दूर या कितनी पास स्थित हैं।



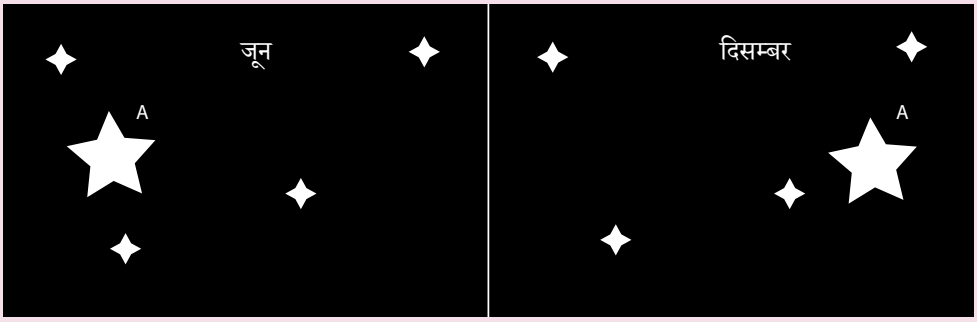
यदि हम कोण 'p' का मापन कर सकें, तो समकोण त्रिभुज के एक समीकरण का उपयोग करके हम आकलन कर सकते हैं कि वस्तु हमसे कितनी दूरी पर है :

$$\tan\theta = \frac{\text{दोनों आँखों के बीच की दूरी का आधा}}{\text{हमसे वस्तु की दूरी}}$$

इसका उपयोग हम तारों की दूरियाँ मापने में कैसे करते हैं? चूँकि तारे हमसे बहुत ज़्यादा दूर स्थित हैं, इसलिए हम केवल अपनी आँखों से उनमें पैरेलक्स देखने में सक्षम नहीं हैं। हमें एक विशाल द्विनेत्री दृष्टि की आवश्यकता होगी। यह हमें सूर्य के चारों ओर अपनी कक्षा में परिक्रमा कर रही पृथ्वी का दृश्य प्रदान करेगी। यदि आप साल के किन्हीं भी दो दिनों का चयन करते हैं जिनमें 6 महीने का अन्तराल है, तो आप देखेंगे कि पृथ्वी अपनी कक्षा में दो बिल्कुल विपरीत बिन्दुओं पर होती है।



यदि आप जून एवं दिसम्बर में रात्रिकालीन आकाश की फोटो खींचते हैं तो समान दृष्टि क्षेत्र में अन्य तारों की तुलना में तारे 'A' की स्थिति में आपको विस्थापन नज़र आएगा।



इस विस्थापन का कारण पैरेलक्स है। इस प्रकार, गोलीय त्रिकोणमिती के कुछ मूलभूत सिद्धान्तों के द्वारा कोण p का आकलन करके हम तारे A की दूरी की गणना कर सकते हैं :

$$\tan(p) = \frac{\text{सूर्य एवं पृथ्वी के बीच की दूरी}}{\text{तारे की दूरी}}$$

सिद्धान्तत: तो सभी तारे कुछ-न-कुछ पैरेलक्स ज़रूर दर्शाते हैं। लेकिन, बहुत अधिक दूर स्थित तारों का पैरेलक्स इतना कम होता है कि हमारे टेलीस्कोप उनके लिए विश्वसनीय आँकड़े नहीं दे पाते। केवल वही तारे प्रेक्षण के लायक़ पैरेलक्स दर्शाते हैं, जो अपेक्षाकृत पास (कुछ सौ प्रकाश वर्ष दूर) हैं।

बॉक्स-2 : परिवर्ती तारों का प्रेक्षण :

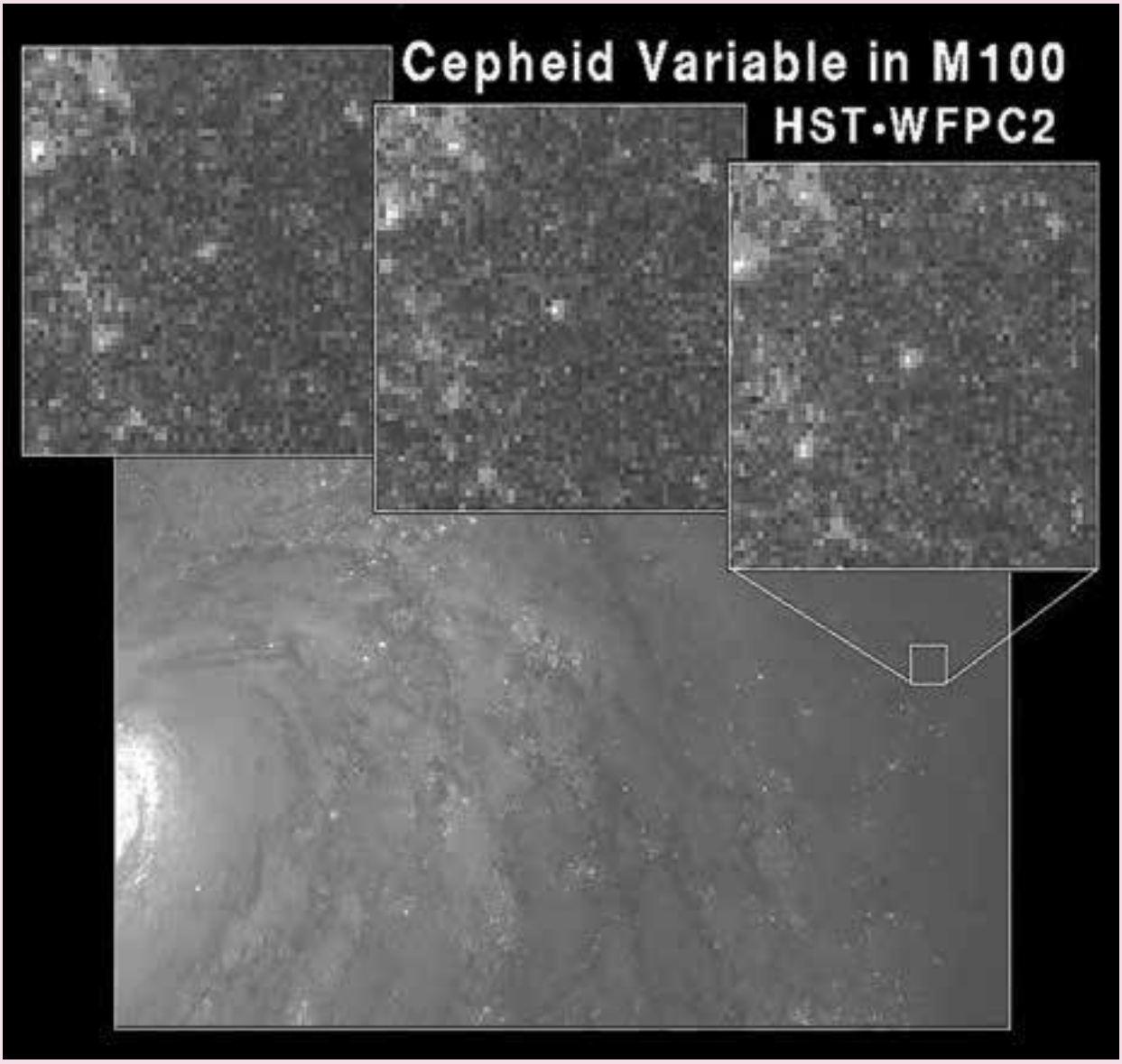
वे तारे जिनकी चमक परिवर्तनशील होती है (यानी एक निश्चित आवर्तकाल के साथ चमक तीव्र एवं मन्द होती रहती है) **परिवर्ती तारे** कहलाते हैं। इन उतार-चढ़ावों का आवर्तकाल तारे की औसत चमक से सम्बन्धित होता है। जिन तारों की चमक में परिवर्तन धीरे-धीरे होता है (यानी चमक में परिवर्तन का आवर्तकाल अधिक होता है) उनकी वास्तविक आन्तरिक चमक उन तारों से अधिक होती है जो तेज़ी से परिवर्तन दर्शाते हैं।

तारों की वास्तविक चमक (**ल्यूमिनोसिटी**; जिसे सूर्य की चमक के सापेक्ष इकाई में मापा जाता है) और चमक-परिवर्तनशीलता के प्रेक्षित आवर्तकाल (पृथ्वी दिवस की इकाई में) के बीच धनात्मक सम्बन्ध होता है। इस सम्बन्ध का मतलब है कि यदि हम प्रेक्षणों द्वारा परिवर्ती तारों की चमक में परिवर्तन का आवर्तकाल ज्ञात कर लें तो हम तारे की ल्यूमिनोसिटी का आकलन कर सकते हैं।

तारे की ल्यूमिनोसिटी (यानी वास्तव में तारा कितना चमकीला है) का उसकी प्रेक्षित चमक से निम्न सम्बन्ध होता है :

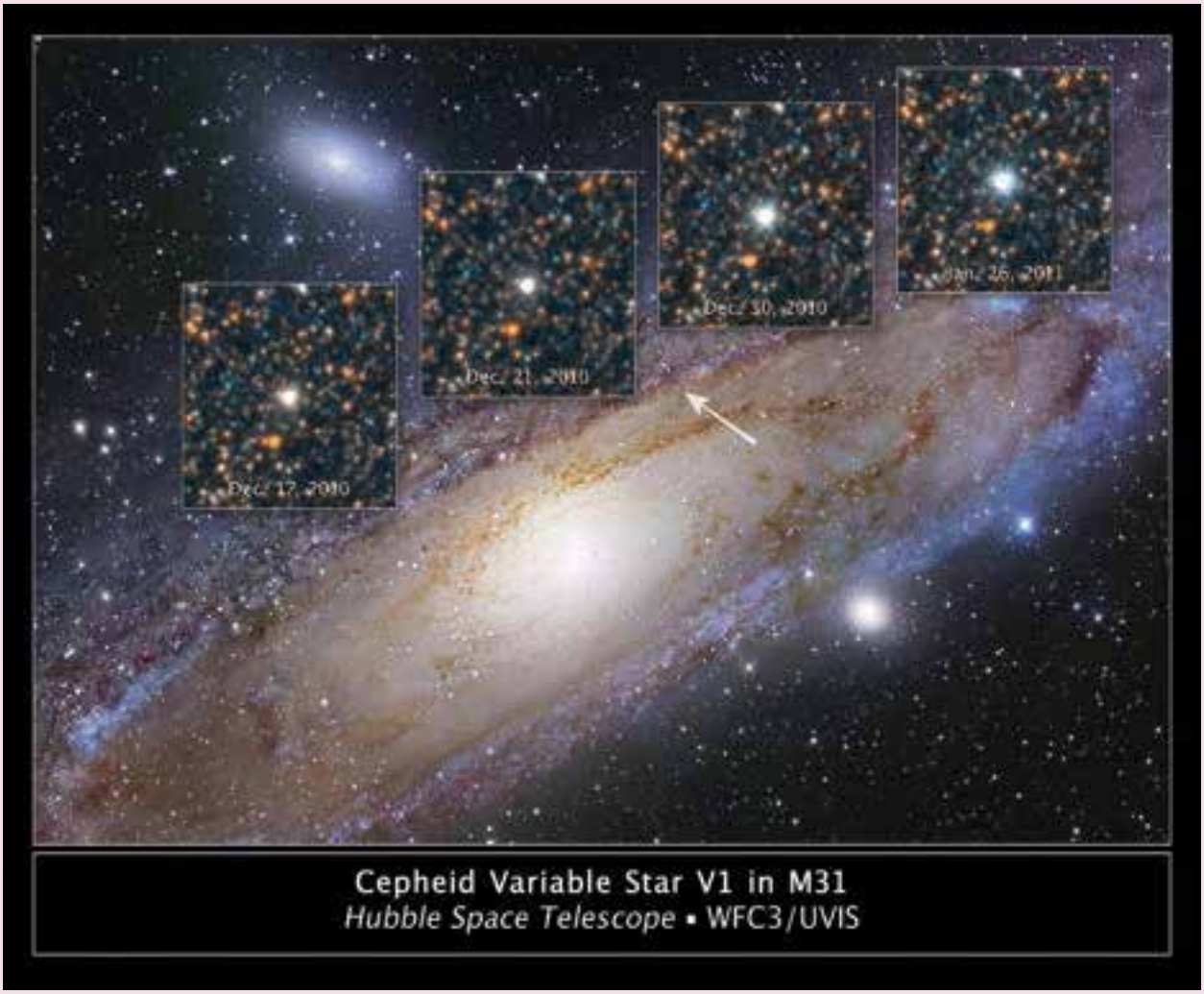
$$\text{आसमान में तारा कितना चमकदार नज़र आता है (प्रत्यक्ष प्रेक्षणीय)} = \frac{\text{चमक में परिवर्तन के आवर्तकाल द्वारा आकलित वास्तविक चमक}}{4 \times \pi \times (\text{तारे की दूरी, राशि जिसका आकलन करना है})^2}$$

यदि परिवर्ती तारा किसी समूह का हिस्सा है तब उस तारे की दूरी का आकलन करके हम उस समूह की दूरी का भी आकलन कर लेते हैं। इसी तरह यदि परिवर्ती तारे की पहचान किसी अन्य निहारिका में उपस्थित तारे के रूप में होती है तो हम न केवल उस तारे की दूरी का आकलन कर सकते हैं बल्कि उस निहारिका की दूरी का आकलन भी कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, स्पाइरल गैलेक्सी M100 के बाह्य भाग में स्थित एक परिवर्ती तारे की तीन तस्वीरें हबल टेलिस्कोप द्वारा कुछ सप्ताह के अन्तराल में ली गईं, ये तस्वीरें तारे की चमक में धीरे-धीरे वृद्धि को दर्शाती हैं। इस तारे एवं निहारिका के अन्य परिवर्ती तारों के प्रेक्षणों के आधार पर खगोलविज्ञानियों ने आकलन किया कि M100 हमसे 5.6 करोड़ प्रकाश वर्ष दूर है।



Credits: © Dr. Wendy L. Freedman, Observatories of the Carnegie Institution ofWashington, and NASA/ESA. URL: https://hubblesite.org/image/222/news/37-spiral-galaxies.

इसी तरीक़े से एण्ड्रोमेडा निहारिका (जिसे M31 भी कहा जाता है, आकाशगंगा की निकटतम बड़ी गैलेक्सी) में उपस्थित तारे V1 की तस्वीरें कुछ दिनों के समय अन्तराल में ली गईं, इन तस्वीरों में समय के साथ तारे V1 की चमक बढ़ रही है। इससे पता चलता है कि यह एक परिवर्ती तारा है एवं इसका इस्तेमाल इस निहारिका की दूरी का निर्धारण करने में किया जा सकता है।



Credits: NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), and R. Gendler. URL: https://hubblesite.org/image/2847/news/37-spiral-galaxies.

यह तकनीक स्थानीय ब्रह्माण्ड तक ही सीमित है। क्योंकि कुछ करोड़ प्रकाश वर्ष (खगोलविज्ञान में इसे 'आस-पास' माना जाता है) से अधिक दूर स्थित आकाशगंगाओं के तारों की अलग-अलग पहचान कर पाना सम्भव नहीं है।

बॉक्स-3 : अन्धकार में मानक कैण्डल का प्रेक्षण

सुपरनोवा एक विस्फोट होता है जो किसी तारे की मृत्यु का संकेत होता है। एक प्रकार के सुपरनोवा जिन्हें **टाइप Ia सुपरनोवा** कहते हैं, श्वेत वामन तारे के विस्फोट से उत्पन्न होते हैं, जब वह एक निश्चित द्रव्यमान-सीमा को पार कर लेता है। इस द्रव्यमान सीमा को **चन्द्रशेखर सीमा** कहते हैं जो एक सटीक संख्या होती है। दूसरे शब्दों में, प्रत्येक टाइप Ia सुपरनोवा, जिन भी तारों के विस्फोट का परिणाम होता है, उन सबका द्रव्यमान समान होता है।

चूँकि तारे का द्रव्यमान ही ऊर्जा में परिवर्तित होता है, इसलिए सभी टाइप Ia सुपरनोवा विस्फोट समान तीव्रता से चमकते हैं, यानी उन सबकी ल्यूमिनोसिटी समान होती है। ये विस्फोट इतने ज़्यादा ऊर्जावान होते हैं कि इस घटना के बाद कुछ दिनों तक वे लगातार अपनी निहारिका के अन्य तारों की अपेक्षा ज़्यादा तीव्रता से चमकते हैं और उनके सामने अन्य तारों का प्रकाश कुछ दिनों तक फीका पड़ जाता है। इनकी ल्यूमिनोसिटी के कारण हमारे टेलिस्कोप इन विस्फोटों को उन दूरियों से भी पहचान लेते हैं जो इतनी ज़्यादा होती हैं कि उन दूरियों पर निहारिकाओं को ढूँढ़ना हमारे लिए अकसर मुश्किल होता है।

उदाहरण के लिए, स्पाइरल गैलेक्सी NGC 4526 के बाह्य क्षेत्र में एक टाइप Ia सुपरनोवा (जिसे 1994 में पृथ्वी से देखा गया) की सतत अधिकतम तीव्रता की चमक के आधार पर खगोलविज्ञानियों ने ठीक-ठीक आकलन किया कि NGC 4526 की दूरी 5 करोड़ प्रकाश वर्ष है।

Credits: © NASA/ESA, The Hubble Key Project Team and The High-Z Supernova Search Team.

इसी प्रकार, 2014 में निहारिका M82 में एक अत्यधिक चमकीले टाइप I सुपरनोवा को धूल व गैस के गहरे बादलों के पार देखा जा सकता था, जिसने अन्य तारों की चमक को ओझल कर दिया था। खगोलविज्ञानियों ने इस अवलोकन का उपयोग M82 की सटीक दूरी पता करने के लिए किया था।

Credits: © ASA, ESA, A. Goobar (Stockholm University), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA).

ये सुपरनोवा दूरी आकलन में किस प्रकार मदद करते हैं? चूँकि सभी टाइप Ia सुपरनोवा एक समान चमक के साथ चमकते हैं, इसलिए पास की किसी

निहारिका में सुपरनोवा, दूर की किसी निहारिका के सुपरनोवा की तुलना में अधिक चमकीला प्रतीत होगा। अतः सुपरनोवा की दूरी का आकलन निम्नलिखित सम्बन्ध से किया जा सकता है :

$$\text{आसमान में तारा कितना चमकदार नज़र आता है (प्रत्यक्ष प्रेक्षणीय)} = \frac{\text{चमक में परिवर्तन के आवर्तकाल द्वारा आकलित शुद्ध आन्तरिक चमक}}{4 \times \pi \times (\text{तारे की दूरी ,राशि जिसका आकलन करना है})^2}$$

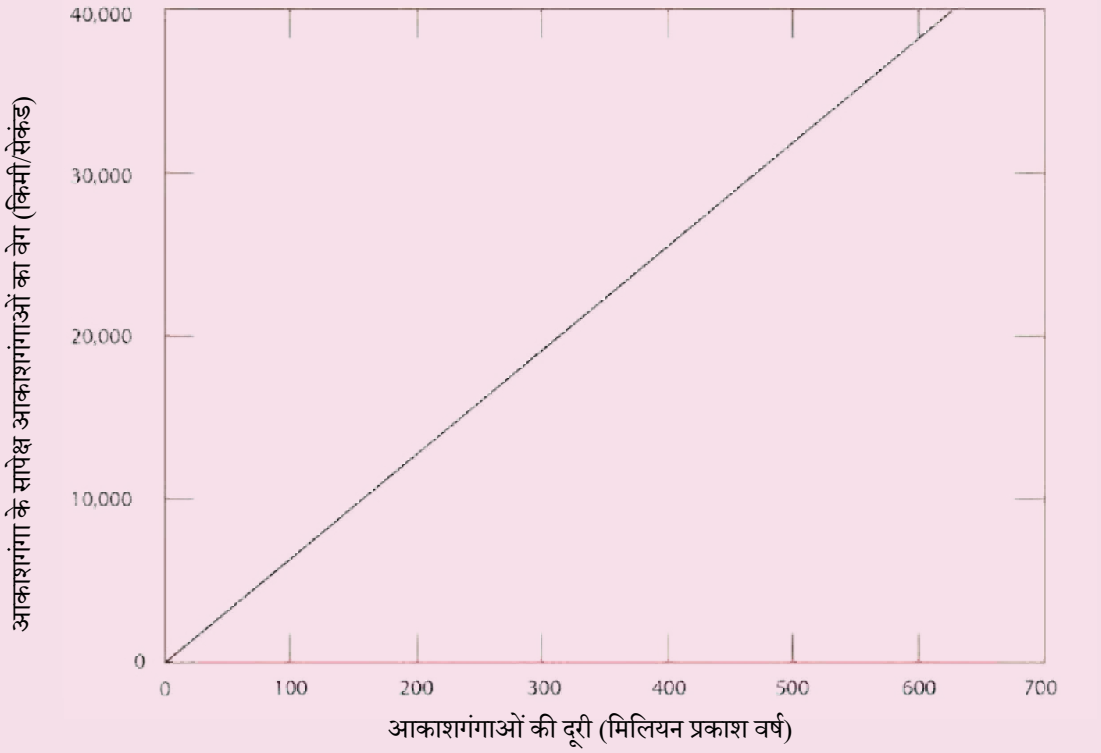
इस सम्बन्ध से हम उन 'निहारिकाओं' की दूरी ज्ञात कर सकते हैं जिनमें विस्फोट घटित हो रहा होता है। इस प्रकार टाइप Ia सुपरनोवा मानक कैण्डल की तरह काम में आते हैं। भौतिकविज्ञानियों द्वारा 'मानक कैण्डल' शब्द का उपयोग एक समान निहित चमक वाली वस्तुओं के लिए किया जाता है।

बॉक्स-4 : निहारिकाएँ जिस वेग से हमसे दूर जा रही हैं, उस वेग का आकलन

हम एक ऐसे ब्रह्माण्ड में रहते हैं जो लगातार फैल रहा है। इस रोचक तथ्य का अनुभव हमें इस प्रेक्षण से होता है कि निहारिकाएँ (सभी नहीं तो भी अधिकांश निहारिकाएँ) एक-दूसरे से दूर जा रही हैं। हम यह भी जानते हैं कि कोई निहारिका हमसे जितनी ज़्यादा दूर होती है, उसकी हमसे दूर जाने की दर उतनी ही ज़्यादा होती है।

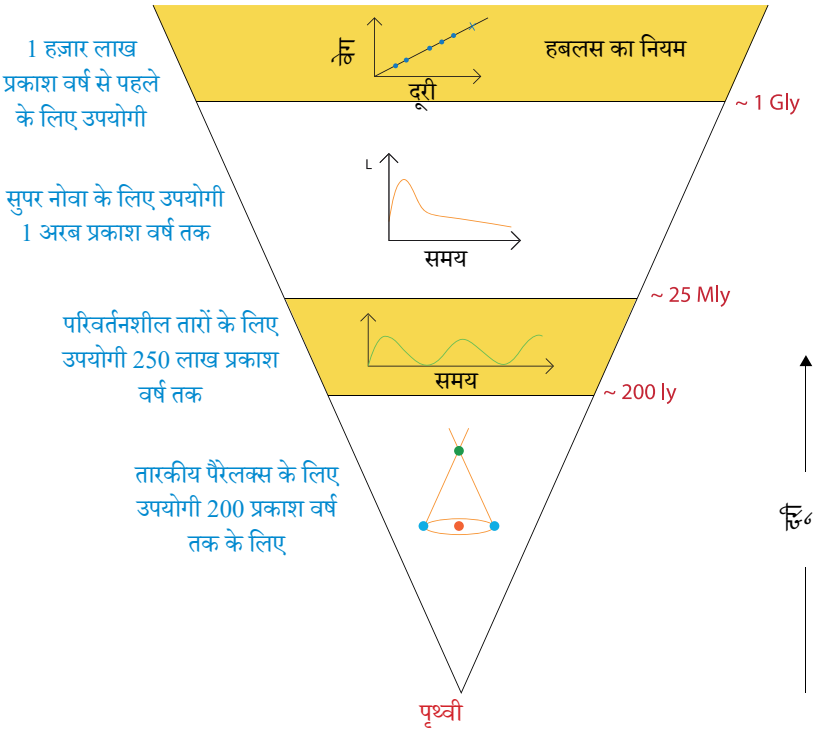
इस प्रकार एक निहारिका की दूरी का आकलन उससे आने वाले प्रकाश को वर्णक्रम के रूप में रिकॉर्ड करके किया जा सकता है। यह वर्णक्रम आकाशगंगा के सापेक्ष उस निहारिका के वेग को प्रकट करता है (ग्राफ़ में ऊर्ध्वाधर अक्ष)। हम इस सहसम्बन्ध के आधार पर उस निहारिका की दूरी (ग्राफ़ में क्षैतिज अक्ष) का निर्धारण कर सकते हैं।

इस सम्बन्ध को गणितीय रूप में निम्न प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :



इस तकनीक का उपयोग उन निहारिकाओं की दूरी ज्ञात करने में किया जाता है जो हमसे 10 करोड़ प्रकाश वर्ष से भी अधिक दूर हैं। दूरी के इस पैमाने पर ब्रह्माण्ड के फैलने की प्रवृति स्पष्ट रूप से समझ में आती है।

$$\text{आसमान में तारा कितना चमकदार नज़र आता है (प्रत्यक्ष प्रेक्षणीय)} = \frac{\text{चमक में परिवर्तन के आवर्तकाल द्वारा आकलित शुद्ध आन्तरिक चमक}}{4 \times \pi \times (\text{तारे की दूरी, राशि जिसका आकलन करना है})^2}$$



चित्र : कॉस्मिक डिस्टेंस लैडर का एक सरलीकृत संस्करण।

Credits: Adapted from an image owned by Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.
License: CC-BY-NC.

समेकन

ब्रह्माण्ड विशाल है। अन्तरिक्ष में उपस्थित पिण्डों की दूरियों को मापने की प्रत्येक तकनीक की अपनी एक इष्टतम सीमा होती है। कुछ तकनीकें उन पिण्डों की दूरियाँ ज्ञात करने के लिए उपयुक्त होती हैं जो हमारे काफ़ी क़रीब स्थित हैं, जबकि कुछ तकनीकें बहुत दूर स्थित पिण्डों के लिए उपयुक्त होती हैं। दूरी की इस सीमा को सोपानों के रूप में निरूपित किया जाता है जिसे खगोलविज्ञानी अकसर "कॉस्मिक डिस्टेंस लैडर" कहते हैं।

अन्तरिक्ष में दूरियों के आकलन करने की तकनीकें, ब्रह्माण्ड के कुछ मूलभूत प्रश्नों के उत्तर ढूँढ़ने में मदद कर सकती हैं। उदाहरण के लिए ब्रह्माण्ड की वर्तमान उम्र का हमारा आकलन 13.8 अरब वर्ष है। हम कैसे जानते हैं कि यह आँकड़ा सही है? क्या हम ब्रह्माण्ड को इसके शुरुआती दिनों में देख सकते हैं? आज हम उन निहारिकाओं की दूरियों का मापन कर सकते हैं जो हमसे 10 करोड़ प्रकाश वर्ष से अधिक दूर हैं। इसका मतलब यह हुआ कि हम उन निहारिकाओं को आज उस रूप में देख सकते हैं जैसी वे 10 करोड़ प्रकाश वर्ष पहले हुआ करती थीं। क्या हम किसी दिन इससे भी अधिक अतीत में देख पाने में सक्षम हो पाएँगे? यह तो केवल आने वाला समय ही बता पाएगा।

मुख्य बिन्दु

- खगोल विज्ञान का हमारा अधिकांश ज्ञान अन्तरिक्ष में दूरियों का मापन करने की हमारी क्षमता पर आधारित है।
- पृथ्वी से अन्तरिक्ष में दूरियों को कई विधियों से मापा जा सकता है :
  - छह माह के अन्तराल पर एक ही तारे की अलग-अलग तस्वीरों से, ताकि विस्थापनाभास ज्ञात किया जा सके।
  - किसी परिवर्ती तारे की चमक में परिवर्तन होने में लगने वाले समय का मापन करना, ताकि तारे की ल्यूमिनोसिटी ज्ञात कर सकें और उसके आधार पर उसकी दूरी।
  - टाइप Ia सुपरनोवा की चमक का मापन करना – जितनी ज़्यादा तारे की चमक होगी, वह उतना ही पास होगा, एवं दूर होगा यदि चमक कम होगी।
  - हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) से दूर जाती हुई किसी निहारिका के वेग का निर्धारण (उसके वर्णक्रम में विचलन के प्रेक्षण द्वारा) करके।
- खगोलीय दूरियों का ज्ञान हमें यह समझने में मदद करता है कि अन्तरिक्ष में तारे, तारों के क्लस्टर, नेबुला, निहारिकाएँ आदि किस प्रकार फैले हैं; या उनकी जो चमक हमें दिखती है, उसकी तुलना में वे वास्तव में कितने चमकीले हैं; इससे हमें ब्रह्माण्ड की उम्र जैसे मूलभूत प्रश्नों का उत्तर ढूँढ़ने में भी मदद मिलती है।

आनन्द नारायणन भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान (IIST) में खगोल भौतिकी पढ़ाते हैं। उनका शोध कार्य यह समझने पर है कि निहारिकाओं के बाहर बड़े पैमाने पर बेरयॉनिक द्रव्य किस प्रकार फैले हैं। वे खगोलविज्ञान सम्बन्धी शैक्षणिक एवं पब्लिक आउटरीच गतिविधियों में नियमित रूप से योगदान देते हैं। दक्षिणी भारत के सांस्कृतिक इतिहास को जानने के लिए वे अकसर यात्राएँ करना पसन्द करते हैं।

अनुवाद : कान्हाराम **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

‘मिट्टी सने’

हाथों का शिक्षाशास्त्र

एक शहरी टेरेस फार्म के अनुभव

डेबोराह दत्ता

शहरी इलाकों को प्राय: पारिस्थितिकीय समाधान की बजाय ‘समस्याएँ’ माना जाता है। इस आलेख में एक शहरी टेरेस फार्म लगाने और सम्हालने के स्कूली प्रोजेक्ट के सबब, शैक्षिक निहितार्थ और विद्यार्थियों के रिस्पॉन्स को प्रस्तुत किया गया है। इस उदाहरण के माध्यम से ऐसे कुछ विषयों की छानबीन की गई है जिन पर शहरी इलाकों के शिक्षाविद काम कर सकते हैं।

सुबह के सात बजे हैं, सुबह की रोशनी मुम्बई के जाड़ों के धुँआसे (smog) में से हल्की-हल्की छनकर आ रही है। अधिकांश लोग शायद अपने बिस्तरों में दुबके रहना पसन्द करेंगे। लेकिन कम-से-कम 20 किशोर बच्चे जोशो-ख़रोश से अपने स्कूल की छत पर चढ़ रहे हैं। एक नन्हीं-सी पत्ती को हल्के से छूकर एक लड़की चहकी, “पत्ता गोभी के बीज अंकुरित हो गए हैं।’’ कहीं और कुछ विद्यार्थी एक पौधे पर पूर्व में हुए हमले को सम्हालने के बारे में चर्चा कर रहे हैं। कुछ विद्यार्थी अम्बाड़ी (Indian Roselle) के पत्तों को चख़ते हैं और अन्य को भी आज़माने को कहते हैं, “*अरे चख़कर तो देख, खट्टा है, मस्त स्वाद है!* ”अगले एक घण्टे यह विद्यार्थी अपने टेरेस ‘फार्म’ पर लगे 20 क़िस्म के खाद्य पौधों में सावधानीपूर्वक मल्चिंग (पलवार), बोने, काटने, अवलोकन करने और खोज-बीन करने का काम करते हैं। एक साल से भी कम समय में यह बंजर छत, जो आमतौर पर नज़रों से ओझल रहती थी, गतिविधि और मोहल्ले के आकर्षण का केन्द्र बन गई है।

टेरेस फार्मिंग : छत पर क्रान्ति

शहरी क्षेत्र आमतौर पर खाद्य उत्पादन के क्षेत्रों से दूर ही होते हैं। अधिकांश खाद्य उत्पाद सैकड़ों किलोमीटर का सफ़र तय करते हैं, परिवहन और कोल्ड स्टोरेज के लिए जीवाश्म ईन्धन जलाते हैं और उसके बाद प्लास्टिक में पैक होकर किराना दुकानों पर सजते हैं। खाद्य पदार्थों जैसी बुनियादी ज़रूरत को उनके स्रोत से कहीं दूर ख़रीद-फ़रोख़्त के माल में तब्दील करने का परिणाम यह होता है कि शहरी उपभोक्ताओं का एक हुजूम बनता है जिसके लिए भोजन के साथ रिश्ते को महज नगद लेन-देन से परे समझ पाना मुश्किल होता है। एक किसान और पर्यावरण कार्यकर्ता वेण्डेल बेरी कहते हैं कि भोजन को ज़िम्मेदारीपूर्वक उगाना शायद ज़मीन के साथ अपने सम्बन्ध को बहाल करने का पहला क़दम होगा। एक गतिविधि के रूप में खेती-किसानी स्वाभाविक रूप से मौसम, भोजन, पोषण, खाद्य उत्पादन की अर्थ व्यवस्था, पानी और स्थानीय भूगोल के बारे में सवाल करने और उनकी एक एकीकृत समझ विकसित करने की जगह प्रदान करती है।

चित्र-1 : शहरी खेती-किसानी के पारिस्थितिक, आर्थिक और सामाजिक लाभ। इनमें से प्रत्येक पहलू विद्यार्थियों के साथ शोध व चर्चा का विषय हो सकता है।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY.

मुम्बई जैसे 'महानगरों' (megacities) में ज़मीन के अभाव के चलते एक दिलचस्प विकल्प उभरा है – छतों का उपयोग खाद्य उत्पादन के लिए करना। कई व्यक्ति और स्वैच्छिक समूह आजकल अपनी छतों पर पारम्परिक व जैविक खेती के सिद्धान्तों की मदद से नाना प्रकार के फल-सब्ज़ियाँ उगा रहे हैं। परिणाम उत्साहवर्धक रहे हैं – उपज के लिहाज़ से भी और खेती-किसानी की शारीरिक गतिविधियों में शामिल होने के स्वास्थ्य लाभों के लिहाज़ से भी। इस काम ने ताज़े, मौसमी और स्थानीय खाद्य की उपलब्धता और उनके प्रति जागरूकता में वृद्धि की है। खाद्य उत्पादनकर्ता अकसर साथ आकर (स्थानीय सब्ज़ियों को पहचानने, और उनको बोने के समय, व्यंजन विकसित करने और पौधों की देखभाल व साज-सम्हाल करने के तरीक़ों के बारे में) अपने ज्ञान व हुनर साझा करते हैं। इससे सामुदायिक एहसास को बढ़ावा मिलता है। टेरेस फार्म घरेलू जैव-विघटनशील कचरे को कम्पोस्ट करने की जगह भी बन जाते हैं। अन्यथा यह कचरा भराव स्थलों में डाले जाने वाले कचरे का 50% तक होता है। ये फार्म कीटों, सरिसृपों और पक्षियों के लिए आवास उपलब्ध करवाकर शहरी जैव विविधता में भी वृद्धि करते हैं (देखें **बॉक्स-1**)। आगे चलकर ये फार्म वायु गुणवत्ता तथा सूक्ष्म जलवायु में सुधार में भी योगदान दे सकते हैं (देखें **चित्र-1**)।

'मिट्टी सने' हाथों का शिक्षाशास्त्र

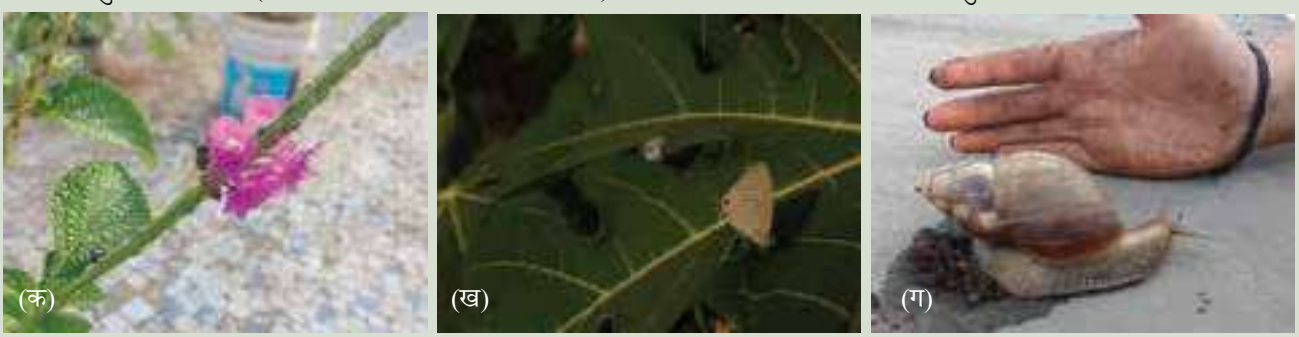
विद्यार्थियों को स्थानीय पर्यावरण के साथ जुड़ने के प्रामाणिक अनुभव प्रदान करना उनमें विविध पारिस्थितिक क्रियाकलापों की समझ विकसित करने की दृष्टि से महत्त्वपूर्ण है। हालाँकि स्कूल किसी भी समुदाय के अभिन्न अंग होते हैं, लेकिन औपचारिक शिक्षा के ढाँचे में अनुभव की धारणा सरल और आलोचनात्मक दृष्टिकोण से रहित हो जाती है। कई गतिविधियाँ, ख़ासतौर से पर्यावरणीय संवेदनाओं का पोषण करने

बॉक्स-1 : टेरेस फार्म पर जैव विविधता

आकार में छोटी होने के बावजूद स्कूल की छत पर तितलियों, पतंगों, लेडीबर्ड्स, छिपकलियों, घोंघों, गोरैया और मकड़ियों का आना-जाना लगा रहता है। मिट्टी में आमतौर पर दिखने वाले जीवों में केंचुए, गिंजाई (शतपाद), सहस्रपाद और गुबरैले शामिल हैं (देखें **चित्र-2**)।

विद्यार्थियों द्वारा फार्म की जैव विविधता के अवलोकन और उसके साथ अन्तर्क्रिया से 'मानव-प्रकृति' सम्बन्ध की संकल्पना को लेकर ज़्यादा व्यापक चर्चा की सम्भावना खुलती है। उदाहरण के लिए, जब एक उल्टी पड़ी पत्ती में भरे पानी में एक मधुमक्खी फँसी दिखी, तो कुछ विद्यार्थी पानी को बहाकर उसे बचाने में जुट गए, ताकि वह उड़ सके। कुछ अन्य विद्यार्थियों ने कहा कि क्या हमें उस मधुमक्खी की नियति में हस्तक्षेप करना चाहिए था, क्योंकि प्रकृति तो 'सर्वोत्तम की उत्तरजीविता' के सिद्धान्त पर चलती है।

जब फार्म फलने-फूलने लगा, तो विद्यार्थी खाद्य उत्पादन में विभिन्न जीवों की भूमिका को सराहने लगे। उदाहरण के लिए, कुछ पौधों पर माहू (aphid) के जमावड़े पर लेडीबर्ड्स और चींटियों को देखकर फार्म में खाद्य जाल का एक ठोस उदाहरण सामने आया। एक अन्य मामले में, विद्यार्थी तैयार हो गए कि वे उत्पादन का कुछ हिस्सा घोंघों (जिन्हें आमतौर पर नाशक माना जाता है) के साथ साझा करेंगे क्योंकि '*उन्हें भी तो कुछ भोजन की आवश्यकता होती है।*'



चित्र-2 : टेरेस फार्म कुछ आगन्तुक। (क) ब्लू स्पाइक पौधे पर एक मधुमक्खी (ख) टेरेस पर एक तितली (ग) विद्यार्थियों ने टेरेस पर घोंघा खोजा।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

वाली गतिविधियाँ, सांकेतिक परिपाटियों (जैसे पृथ्वी दिवस के दिन पौधारोपण या 'बाघ बचाओ' के पोस्टर बनाना) में सिमट जाती हैं। इनमें किसी फीडबैक या परिणामों की गुंजाइश नहीं होती। दूसरी ओर, पाठ्यपुस्तकें पर्यावरणीय क्षति के अन्धकारमय परिदृश्यों से भरी पड़ी हैं, जो विद्यार्थियों को 'बड़ी-बड़ी' समस्याओं के प्रति सचेत तो कर देती हैं, लेकिन अपने आस-पास कोई बदलाव लाने में अशक्त बना देती हैं। इसलिए, कई शिक्षाविदों ने 'वास्तविक भागीदारी' की ज़रूरत जताई है। इसमें ऐसे अनुभव शामिल होते हैं जिनमें विद्यार्थी अपनापन महसूस करें और सामने आए काम के प्रति ज़िम्मेदारी महसूस करें। अलबत्ता, यह अनिर्देशित सीखने का मामला नहीं है बल्कि यह सीखने के एक सहयोगी माहौल के लिए अनुकूल है इसमें ज्ञान केवल शिक्षक से विद्यार्थियों को मिले, ऐसी बात नहीं है।

'वास्तविक भागीदारी' के विचारों को टेरेस फार्मिंग के काम की सम्भावनाओं से जोड़ते हुए (देखें **बॉक्स-2**), केन्द्रीय माध्यमिक शिक्षा मण्डल (सीबीएसई) के एक स्कूल के आठवीं कक्षा के विद्यार्थी अपने स्कूल की छत पर खाद्य वस्तुओं की खेती में शामिल हुए थे (देखें **बॉक्स-3**)। स्कूल ने इस ग्रेड-विहीन प्रोजेक्ट के लिए हर सप्ताह सुबह एक घण्टा देने की व्यवस्था की थी। एक छोटी-सी कोर टीम [एक शोधकर्त्ता, दो शिक्षक (जो स्कूल के प्रकृति क्लब के सहयोगकर्त्ता थे) और स्कूल के दो उत्साही मालियों] के जुटने के बाद प्रोजेक्ट धीरे-धीरे आकार लेने लगा (देखें **बॉक्स-4**)।

जैविक पदार्थ की शुरुआती ज़रूरत की पूर्ति के लिए कोर टीम ने स्कूल के मैदान के एक कोने में छोटा कम्पोस्ट गड्ढा खोदकर शुरुआत की। विद्यार्थी आस-पास से पत्ते और स्कूल की केण्टीन से किचन-कचरा इकट्ठा करके कम्पोस्टिंग के लिए उसमें डालने लगे। कचरा इकट्ठा करने की गतिविधि में से प्लास्टिक तथा घरेलू कचरे में आने वाली गैर-विघटनशील चीज़ों पर चर्चा शुरू हुई। इसी दौरान बेकार पड़े गत्ते के डिब्बों और प्लास्टिक बोतलों का इस्तेमाल पौधे उगाने के लिए किया जाने लगा (देखें **चित्र-4**)। एक महीने के अन्दर कई जड़ी-बूटियाँ और हरी सब्ज़ियाँ रोप दी गईं। विद्यार्थी यह देखकर बहुत ख़ुश हुए कि अनार, पपीता और अमरूद जैसे

बॉक्स-2 : फार्म क्यों?

'बग़ीचे' की बजाय 'फार्म' शब्द का उपयोग दर्शाता है कि महज सजावटी पौधे उगाने की बजाय ज़ोर खाद्य फ़सलें उगाने पर था। फार्म को ख़ासतौर से ऐसी निर्वहनीय प्रक्रियाओं के आस-पास डिज़ाइन किया गया था, ताकि इस धारणा को चुनौती दी जा सके कि संरक्षण का काम मानव प्रभावों से मुक्त किसी निर्जन स्थल पर ही किया जा सकता है। हालाँकि संवेदनशील क्षेत्रों के संरक्षण के पक्ष में जायज़ दलीलें हैं लेकिन शहरी क्षेत्रों को मात्र 'मानव' समस्याएँ मान लेना, और प्रकृति को कोई दूर-दराज़ अनछुई जगह मान लेने में दिक़्क़त है। पहली बात तो यह है कि इस तरह से देखने पर मनुष्यों और आस-पास के पर्यावरण के बीच एक कृत्रिम अलगाव पैदा होता है। दूसरा, यह इस विचार को हतोत्साहित करता है कि मनुष्य प्रकृति के साथ देखभाल और हमदर्दी पर आधारित एक 'सकारात्मक' सम्बन्ध बना सकते हैं। तीसरी और अन्तिम बात यह है कि इस अलगाव की वजह से पूरी जवाबदेही शहर के नियोजनतकर्ताओं और सरकारी नीतियों पर आ जाती है और लोग अपने आस-पड़ोस को बेहतर बनाने का स्वामित्व व ज़िम्मेदारी लेने में अक्षम हो जाते हैं। इस नज़रिए से, फार्म शुरू करना कतिपय पारिस्थितिक और राजनैतिक कटिबद्धताओं के साथ एक सोचा-समझा निर्णय था।

बॉक्स-3 : खाद्य पौधे – जो खाते हो, उसे उगाओ!

यहाँ 'खाद्य' पौधों से आशय ऐसे पौधों से है जिनके हिस्से मनुष्य खा सकते हैं, कच्चे या पकाकर। प्रोजेक्ट की प्रारम्भिक अवस्था में कोर टीम ने पौधों का चयन उन्हें उगाने की सरलता, उपलब्धता (जिसमें स्थानीय रूप से उगाई जाने वाली प्रजातियों को ध्यान में रखा गया), और विविधता (कन्द, अनाज, फल और पत्तेदार सब्ज़ियाँ) के आधार पर किया था। इनमें लेमन ग्रास, अजवाइन, भिण्डी, तुरई, शकरकन्द, अम्बाड़ी, मिर्च, बैंगन, मूली, पत्ता गोभी, पालक, वॉटरलीफ और ज्वार-बाजरा शामिल थे। परागणकर्त्ताओं को आकर्षित करने के लिए कुछ फूल वाले पौधे भी चुने गए थे (गेंदा, ब्लू स्पाइक, सदाबहार)। कुछ बूटियों को उनकी छाया सहने की क्षमता और नाशी कीटों को दूर रखने की क्षमता (तेज़ गन्ध के चलते) के आधार पर चुना गया था (पुदीना, तुलसी, पहाड़ी पुदीना)। कुछ फलीदार पौधे (मूँग, सेम, तुअर दाल वगैरह) इसलिए लगाए थे कि वे 'नाइट्रोजन स्थिरीकरण' के ज़रिए मिट्टी की उर्वरता बढ़ाते हैं। आगे चलकर प्रोजेक्ट में कुछ पौधे कम्पोस्ट में से ही उग आए थे। फार्म में रुचि रखने वाले कुछ पालकों का भी योगदान मिला।

पौधों के उत्पाद एक ऐसा ठोस परिणाम था जिसने विद्यार्थियों को प्रोजेक्ट से जोड़े रखने में मदद की, और उपलब्धि का एहसास भी पैदा किया (देखें **चित्र-3**)। स्वस्थ सब्ज़ियाँ उगाने व काटने में विभिन्न मुद्दों की समझ बनाने, समय और धैर्य की ज़रूरत ने विद्यार्थियों को अपने काम तथा किसानों की उस मेहनत के बीच सम्बन्ध देखने में मदद की जो वे हमारा पेट भरने के लिए करते हैं।

चित्र-3 : अपनी पहली उपज के साथ विद्यार्थी।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

कई पौधे तो कम्पोस्ट में ही उगने लगे। धीरे-धीरे फार्म फैलने लगा। प्रोजेक्ट के तहत खेती-किसानी के ऐसे सिद्धान्तों को अपनाया गया जिनमें टिकाऊ (निर्वहनीय) खेती की कोर टीम की अनकही समझ को पर्यावरण के विभिन्न पहलुओं से ठोस ढंग से शिक्षा के लक्ष्यों से जोड़ा जा सके (देखें **तालिका**)। परिणामस्वरूप, विद्यार्थियों को **गतिविधियों में लगातार भागीदारी के माध्यम से** इन सिद्धान्तों से परिचित कराया गया, न कि कही हुई व्याख्याओं के माध्यम से। उदाहरण के लिए, प्रोजेक्ट के दौरान विद्यार्थी पलवार (mulching) को लेकर काफ़ी सजग हो गए क्योंकि उन्होंने देखा कि पलवार वाली मिट्टी (सूखी पत्तियों और पुदीने व वनमैथी जैसी लताओं से ढकी मिट्टी) मुलायम व नम बनी रहती है जबकि खुली मिट्टी घनी और सख़्त हो जाती है। इसी प्रकार से, हर मौसम में बोने के लिए बीजों की ज़रूरत होगी और हमेशा बाज़ार से नए बीज मिलने पर निर्भर नहीं रहा जा

बॉक्स-4 : स्कूल प्रोजेक्ट शुरू करना व सम्हालना

चूँकि अधिकांश स्कूलों की समय-सारणी सख़्त होती है, इसलिए, शहरी फार्म जैसे किसी पाठ्येतर प्रोजेक्ट को शुरू करने के लिए प्रधानाचार्य या स्कूल प्रबन्धन के समर्थन की ज़रूरत होती है। प्रोजेक्ट के लक्ष्य स्कूल के व्यापक लक्ष्य से मेल खाते हों तो यह समर्थन मिलने में मददगार होता है। उदाहरण के लिए, इस स्कूल के प्रधानाचार्य विद्यार्थियों को कचरे के बेहतर प्रबन्धन से परिचित कराने को लेकर बहुत उत्साहित थे क्योंकि स्कूल के निकट स्थित एक भराव-स्थल ने इसे एक समस्या बना दिया था। लिहाज़ा, प्रोजेक्ट के फेसिलिटेटर ने जब ज़ोर दिया कि टेरेस फार्म कम्पोस्टिंग और फेंकी गई चीज़ों के खाद्य उत्पादन में पुन: उपयोग जैसी अवधारणाओं से परिचित कराएगा, तो प्रधानाचार्य का समर्थन सुनिश्चित हो गया। ऐसे प्रोजेक्ट के लिए स्कूल प्रबन्धन से सम्पर्क की एक सामान्य निर्देशिका निम्नलिखित वेबसाइट पर उपलब्ध है : https://www.youcan.in/singlepost/2016/05/03/approaching-a-schoolprincipal

ऐसे प्रोजेक्ट को चलाने के लिए यह सुनिश्चित करना भी ज़रूरी होता है कि पूरी तरह से बाहरी (स्कूल से बाहर की) मदद पर निर्भर रहने की बजाय कुछ समर्थन स्कूल में ही उपलब्ध हो। इसके अलावा, शिक्षक स्कूल की ज़रूरतों व दिनचर्या के अनुसार प्रोजेक्ट को बनाने में मदद कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, टेरेस फार्म के कोर समूह में कुछ ऐसे शिक्षक शामिल थे जो स्कूल में नेचर क्लब की गतिविधियों के ज़िम्मेदार थे। इसमें अन्य विषय के शिक्षकों को जोड़ने का सतत प्रयास भी करना होता है।

प्रोजेक्ट को इस तरह डिज़ाइन करने से भी मदद मिलती है कि वह स्कूल की गतिविधियों में बाधक न बने। उदाहरण के लिए, टेरेस फार्म प्रोजेक्ट को शुरू में इस तरह बनाया गया था कि इसमें 20 विद्यार्थी प्रति सप्ताह दो घण्टे काम करेंगे। लेकिन सम्भव इतना ही हुआ कि हर शनिवार विद्यार्थियों का एक घण्टा ही मिल पाया। इसी प्रकार से, कक्षा-9 व 10 के विद्यार्थियों का शैक्षणिक समयचक्र इतना ठसाठस भरा हुआ था कि प्रोजेक्ट के पहले बैच में सारे विद्यार्थी कक्षा-8 के थे। यह रुझान जारी है और हर साल उत्तीर्ण होने वाले विद्यार्थियों को आमंत्रित किया जाता है कि एक महीने तक अगले बैच का मार्गदर्शन करें। इससे विभिन्न कक्षाओं के बीच 'शिक्षक-विद्यार्थी' समुदाय तैयार करने में मदद मिली है। आने वाले सालों में, विद्यार्थियों (और उनके पालकों) की रुचि के आधार पर टेरेस फार्म को हर पखवाड़े स्वैच्छिक काम के लिए खोला जाएगा। इस तरह से, पुराने विद्यार्थियों को स्कूल के समय के बाद प्रोजेक्ट में भागीदारी जारी रखने का अवसर मिलेगा।

चित्र-4 : गत्ते की रोपणियों का उपयोग तरह-तरह के पौधे उगाने में किया जाता है।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

फार्म पर सामग्री	समर्थक क्रियाकलाप	क्रियाकलाप को मार्गदर्शन करने वाले निहित सिद्धान्त	विद्यार्थियों से चर्चा के लिए सम्भावित सवाल
पोषक पदार्थों से युक्त मिट्टी	सूखी पत्तियाँ और जैविक कचरा इकट्ठा करना, कम्पोस्ट बनाना	पोषक पदार्थों का पुनर्चक्रण, कचरे को एक संसाधन के रूप में पुन: परिभाषित करना	स्कूल में कितना जैविक कचरा पैदा होता है? कम्पोस्टिंग के विभिन्न चरण क्या हैं? इसमें कितना समय लगता है? कम्पोस्टिंग की विभिन्न विधियाँ क्या हैं?
गाय के मूत्र, गोबर, गुड़ का तनु घोल	मिट्टी में डालना और कम्पोस्ट करना	मिट्टी के केन्द्रीय भाग के रूप में सूक्ष्मजीव; सहजीवी सम्बन्ध	सूक्ष्मदर्शी से मिट्टी कैसी दिखती है? क्या गोबर मिट्टी के लिए एक 'प्रोबायोटिक' के समान है? क्या विभिन्न पौधों की जड़ों को उनकी गन्ध के आधार पर पहचाना जा सकता है?
बीज	बीज बचाना	जीवन के चक्र को बनाए रखना; बीज की सम्प्रभुता; प्रबन्धन	बीज से बीज तक किसी पौधे की प्रमुख अवस्थाएँ क्या होती हैं? अगले मौसम के लिए बीज कैसे बचाएँ? उस फल को कैसे चुनें जिसके बीज बचाए जाएँगे? किसानों को बीज क्यों खरीदने पड़ते हैं? बीज की सम्प्रभुता क्या है?
रोपणियाँ	कम लागत की रोपणियाँ डिज़ाइन करना; जाफरी बनाना	मितव्ययिता; पुन: उपयोग व पुनर्चक्रण; स्थानीय सामग्री का उपयोग	रोपणी कैसे बनाएँ? एक अच्छी रोपणी के गुण क्या होते हैं? इसके लिए किस तरह की स्थानीय सामग्री का उपयोग किया जा सकता है?
फल और सब्ज़ियाँ	ज़िम्मेदार कटाई	देखभाल के गुण; ज़िम्मेदारी; परस्परता	कटाई के लिए फल व सब्ज़ियों का चयन कैसे करें? कौन-सी सब्ज़ियाँ मौसमी होती हैं? उगाई गई सब्ज़ियों की क़ीमत क्या रखेंगे? उनकी क़ीमतें बाज़ार भाव की तुलना में क्या होंगी?

तालिका : फार्म पर किए जाने वाले प्रमुख काम, और इन कामों के पीछे निहित परिप्रेक्ष्य। चर्चा के विषय इन कामों में विद्यार्थियों के अनुभवों से उभर सकते हैं। कुछ विषय यहाँ दर्शाए गए हैं।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY.

सकता, इस समझ से विद्यार्थियों ने बीज बचाकर रखने के महत्त्व को पहचाना।

यद्यपि कुछ प्रमुख प्रथाओं का पालन नियमित रूप से किया गया, लेकिन फार्म पर रोज़-ब-रोज़ की गतिविधियाँ मौसम, पौधों की हालत और अन्य ऐसी आकस्मिकताओं पर निर्भर रहीं जिन पर फ़ौरन ध्यान देना ज़रूरी होता था। उदाहरण के लिए, बारिश के मौसम में गत्ते के डिब्बों, जिनका उपयोग रोपणी के तौर पर किया जा रहा था, को इधर-उधर सरकाना पड़ता था ताकि पानी छत की ढलानों से बहकर जा सके। डिब्बों के आकार को बनाए रखने के लिए उन्हें लगातार सुतली और गत्ते के टुकड़ों का सहारा देते रहना पड़ता था। इसके अलावा बढ़ती लताओं को चढ़ने के लिए सहारों की व्यवस्था करनी होती थी। इसी तरह, पौधों पर संक्रमण या बीमारियाँ बढ़ने पर विभिन्न जैविक तरीक़ों से उन्हें सम्हालना पड़ता था। अलबत्ता, प्रोजेक्ट की अनिश्चितताओं के चलते विद्यार्थियों ने इसे मात्र एक और स्कूली कार्य की बजाय 'सचमुच' का काम माना। उन्होंने अपनी क्रियाओं का असर (अच्छा या बुरा) पौधों पर देखा और स्वयं को फार्म की सेहत के लिए ज़िम्मेदार मानने लगे (देखें **चित्र-5**)।

किसी भी सामान्य सत्र की शुरुआत में विद्यार्थी फार्म का अवलोकन करते और आपस में चर्चा करते तथा पिछले सप्ताह के काम पर सरसरी नज़र डालते। इसके बाद उस दिन के काम की फ़ेहरिस्त बनाई जाती और विद्यार्थियों से कहा जाता कि वे स्वयं अपने अवलोकनों के आधार पर इस सूची में काम जोड़ें। विद्यार्थियों को अपनी-अपनी फार्म डायरी (journals) रखने को भी प्रोत्साहित किया जाता था। इसमें वे उस दिन के अपने अनुभव और एहसास लिख सकते थे (देखें **चित्र-6**)।

विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाएँ

प्रोजेक्ट की मुक्त प्रकृति ने विद्यार्थियों की विविध प्रतिक्रियाओं की गुंजाइश रखी। चूँकि अधिकांश विद्यार्थी शहरी मध्यम वर्ग के थे, उन्हें फार्म पर कई सारी बातचीत और अवलोकन काफ़ी नए लगे (देखें **बॉक्स-5**)। इन प्रतिक्रियाओं में से जो मुख्य थीम्स

चित्र-5 : बारिश ने विद्यार्थियों के समक्ष कई चुनौतियाँ प्रस्तुत कीं।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

मैंने आज फार्म पर क्या किया? (विद्यार्थी निम्नलिखित श्रेणियों में जानकारी भर सकते हैं)

बोवनी

- रोपें लगाना
- पौधों की देखभाल (सहारे बनाना, नीम पाउडर, गोमूत्र, गोबर आदि डालना)
- कटाई
- बीज बचाना

अन्य ऐसी जानकारियों/अवलोकनों के चित्र बना सकते हैं या लिख सकते हैं, जो उन्हें रोचक लगे हों। यहाँ कुछ उदाहरण हैं...

- "हमने बड़े घोंघे का नाम बुब्बा रखा है। हम उसे अपनी कक्षा में रखेंगे और पत्तियाँ खिलाएँगे..."
- "मलाबार पालक के बीजों को चटकाने में मज़ा आता है!"

मेरी पलवार डायरी

तारीख़

तापमान

मौसम (खुला/बरसाती/हवा चल रही थी/बादल थे वग़ैरह)

मैंने आज फार्म पर क्या देखा/छुआ/सूँघा/चखा?

(अन्य जानकारियाँ भी जोड़ी जा सकती हैं।)

- कोई कीट
- पौधे पर कोई रोग
- विभिन्न पत्तियों का टेक्स्चर
- फल/पत्ती/सब्ज़ी का स्वाद

चित्र-6 : विद्यार्थियों की डायरी में दर्ज करने का एक सम्भावित ख़ाका। विद्यार्थियों को प्रोत्साहित किया जा सकता है कि वे अपने अनुभव सहपाठियों के साथ साझा करें, और अपने अवलोकनों के आधार पर अलग-अलग पौधों की वृद्धि की समय रेखा बनाएँ।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY.

बॉक्स-5 : विद्यार्थियों का बागवानी/खेती-किसानी का पूर्व अनुभव

दो विद्यार्थियों के परिवारों के पास गाँव में खेत थे। इन्हें छोड़कर शेष सारे विद्यार्थी अधिकांशत: शहरी पृष्ठभूमि के थे। कई विद्यार्थियों ने घर पर सजावटी पौधे देखे थे, लेकिन ख़ुद उनकी देखभाल नहीं की थी। दरअसल, कुछ विद्यार्थियों ने इस गतिविधि में अरुचि भी ज़ाहिर की थी। एक विद्यार्थी का यह कथन सामान्य जज़्बात को व्यक्त कर देता है :

"पहले जब मेरी दादी इसका (बाग़बानी का) ज़िक्र करती थीं, यह मेरे लिए रुचि का विषय नहीं होता था क्योंकि मुझे इसके बारे में कुछ पता नहीं था। तो मैं इससे क़तराता था। लेकिन अब जब मैंने इतना कुछ होते देख लिया है और यह सब इतना रोमांचक है, तो मैं दादी की मदद करने लगा हूँ। दरअसल, जब मैंने उन्हें इन सबके (टेरेस फार्मिंग के) बारे में बताया तो वे बहुत जोश में आ गईं...यानी पूरे जोश में। उसी दिन, उन्होंने मुझे नहीं बताया था, वे नर्सरी में गईं, कुछ पौधे, बीज, गमले, मिट्टी वग़ैरह ख़रीदकर घर ले आईं। अब हम बहुत सारी चीज़ें उगाते हैं।" – AN

उभरीं वे रेखांकित करती हैं कि विद्यार्थियों को इस काम में भागीदारी के लिए प्रेरित करने वाले और उनके क्रियाकलाप के दायरे को विस्तार देने वाले कारक कौन-से थे।

(क) समग्र शारीरिक अन्तर्क्रियाएँ

यह देखा गया कि विद्यार्थी पौधों के साथ समृद्ध और अन्तरंग ढंग से, (सिर्फ़ देखकर नहीं बल्कि) स्पर्श, गन्ध, स्वाद की अनुभूतियों के ज़रिए जुड़ रहे थे। अर्थात फार्म ने विद्यार्थियों को पर्यावरण को महसूस करने के विभिन्न तरीक़ों से परिचित कराया। उदाहरण के लिए, कई विद्यार्थियों ने इस प्रोजेक्ट में आने से पहले अम्बाड़ी का पौधा (Indian Roselle) कभी नहीं देखा था। जब यह पौधा टेरेस फार्म पर बढ़ने लगा, तो विद्यार्थियों को बताया गया कि इसकी पत्तियाँ और अंखुड़ियाँ (calyx) खाने योग्य हैं। प्रोजेक्ट के शुरुआती दौर में कई विद्यार्थियों के लिए तो यही विचार अनोखा था कि सीधे पौधे से तोड़कर कुछ खाया जा सकता है क्योंकि भोजन के साथ उनकी अन्तर्क्रिया तो पैकेज-बन्द, फ्रोज़न या पके हुए रूप में ही होती थी। बहरहाल, जल्दी ही उनकी शंकाओं का स्थान जिज्ञासा ने ले लिया और विद्यार्थी अम्बाड़ी की पत्तियों को छूने, सूँघने लगे और थोड़ा झिझकते हुए कुतरने भी लगे। एक अन्य उदाहरण में, शुरुआत में कई विद्यार्थियों में कम्पोस्ट हो रहे पदार्थ को लेकर घृणा का भाव था। जब उन्होंने देखा कि इसी में से पौधा उग रहा है, और तैयार हो चुके कम्पोस्ट में एक मीठी-सी गन्ध होती है तो उसे उठाने-धरने को लेकर उनकी झिझक जाती रही। जल्दी ही वे कम्पोस्ट बनाने में बढ़-चढ़कर हिस्सा लेने लगे; कई बार तो वे उसे सूँघते भी थे, हाथों से उसको महसूस करते थे और खोद-खोदकर केंचुए तलाशते थे। केंचुओं की उपस्थिति काफी रोमांच का विषय थी। उन्होंने शुरुआत तो एक ख़ाली जगह से की थी मगर उसमें नए-नए जीवों का प्रकट होना और उनके सम्बन्धों के चलते वे ऐसी क्रियाएँ करने लगे ताकि

और वृद्धि हो। ऐसी तल्लीनता के चलते एक विद्यार्थी ने टिप्पणी की थी :

"...हमने पौधों को इस तरह पहले कभी नहीं छुआ था...मतलब हम घास पर खेलते तो हैं, पर इस तरह नहीं। इस बार हमने यह सीखा कि पौधों को कैसे उगाते हैं, अन्यथा कहा तो यह जाता है कि बस बीज फेंक दो और पौधा उग जाएगा...किताब में कहा गया है। लेकिन अब मुझे लगता है कि किताब बहुत ग़लत है, क्योंकि किताब तो वही कहती है जो लेखक देख सकता है, लेकिन करते हुए हम कई अलग-अलग चीज़ें देख सकते हैं...।" – AY

(ख) नवीनता और चुनौती

विद्यार्थियों को कुछ काम विशेष रूप से चुनौतीपूर्ण लगे। जैसे यह पता करना कि लताओं को सहारा देने के लिए बाँस की बल्लियों का उपयोग कैसे करें, या बारिश से बचाने के लिए गत्ते की रोपणियों की बार-बार मरम्मत कैसे करना। अकसर ऐसी चुनौतियाँ विद्यार्थियों को नए समाधान खोजने को प्रेरित करती थीं। उदाहरण के लिए, उन्हें त्रिपाद के रूप में सहारा डिज़ाइन करने का विचार आया, और फिर उन्होंने मिल-जुलकर फार्म के लिए ऐसा ढाँचा बनाया (देखें **चित्र-7**)। उन्होंने बताया कि यह प्रक्रिया मज़ेदार रही, शायद इसलिए कि प्रयासों के परिणाम स्वरूप पौधों को एक ठोस सहारा मिला, और इस पर साथियों का प्रमाणीकरण भी। जैसा कि एक विद्यार्थी ने कहा, *"...फिर सबसे महत्त्वपूर्ण तो यह था कि जाफरी...हम अलग-अलग गठानें आज़मा रहे थे, जिनका उपयोग हमने पहले कभी नहीं किया था। तो यह बहुत मज़ेदार था...।"- NM*

(ग) फीडबैक

ऐसे विद्यार्थियों के लिए, जिन्होंने पौधों की वृद्धि के विभिन्न पहलुओं का अवलोकन करना शुरू कर दिया टेरेस फार्म का विकसित होता परिदृश्य, फीडबैक का एक रोचक तरीक़ा बन गया। यह बात एक विद्यार्थी की टिप्पणी से ज़ाहिर है :

"...हमने पढ़ा था कि प्रतान (लता-तन्तु) सहारे के आस-पास लिपटते हैं, लेकिन अब मैंने ख़ुद इसे लिपटते हुए देखा...हमने पौधों का इस तरह से समूहीकरण (बहु-फ़सली) करना नहीं सीखा था...यह नई बात थी, हमने इस तरह नहीं सीखा था... मैंने अच्छे असर भी देखे। जैसे अजवाइन के पौधे को थोड़ी छाया की ज़रूरत होती है...तेज़ धूप में उसमें इतनी पत्तियाँ नहीं थीं... अब थोड़ी छाया में (एक बड़े पेड़ के नीचे) बहुत सारी हैं...।"– RN

लगातार जुड़ाव का एक महत्त्वपूर्ण आयाम यह रहा कि विद्यार्थियों को उनके प्रयासों के बारे में अन्य लोगों से सतत फीडबैक मिला। और उनके द्वारा निर्मित चीज़ों से तो फीडबैक मिलता ही रहा। अपने एहसासों को साझा करने की प्रथा के चलते विद्यार्थियों को अपनी गतिविधियों को विस्तार देने का जोश मिला। जैसे कम्पोस्टिंग, रोपणियों के रूप में पुनर्प्रयुक्त सामग्री का उपयोग, भोजन की बर्बादी कम करना और घर पर भी पौधे लगाना।

(घ) व्यापक परिप्रेक्ष्यों का विकास

फार्म पर विद्यार्थी जिन गतिविधियों में संलग्न हुए, उनकी झलक पर्यावरण सम्बन्धी सामान्य विचारों में भी नज़र आई। जैसे प्लास्टिक बोतलों को आमतौर पर कचरा ही समझा जाता है जो खरीदने के बाद जल्दी ही भराव स्थलों में पहुँच जाती हैं। अलबत्ता, फार्म पर ऐसी फेंकी गई बोतलों को काटकर पौध-पात्रों के रूप में उपयोग किया गया। आमतौर पर कचरा मानी जाने वाली चीज़ को सस्ते संसाधन में बदल दिया गया। कई विद्यार्थियों के लिए तो पुनर्चक्रण के सर्वथा नए मायने उभरे, जब वे रोपणियों के रूप में इस्तेमाल किए जाने वाली अन्य चीजों को तलाशना शुरू करने लगे। दूसरी ओर, कम्पोस्टिंग के लिए प्लास्टिक को अन्य कचरे से अलग छाँटते हुए पर्यावरण में इसकी मात्रा को लेकर कई चर्चाएँ हुईं। विद्यार्थी पैकेजिंग में प्लास्टिक के उपयोग को लेकर सवाल करने लगे और सम्भावित विकल्पों की खोज-बीन करने लगे। फार्म में सूखी पत्तियों के उपयोग से विद्यार्थियों को सूखे जैव-पदार्थ के रूप में इनकी उपयोगिता समझ में आई। उन्होंने न सिर्फ आस-पड़ोस से सूखी पत्तियाँ इकट्ठी करने के प्रयास किए बल्कि कभी-कभी लोगों को इन्हें जलाने से रोकने की कोशिश भी की।

कम्पोस्टिंग, गोबर और पलवार को मिट्टी में डालना जैसे कामों में जुड़ाव से विद्यार्थियों को यह सराहने में मदद मिली कि मिट्टी की

चित्र-7 : विद्यार्थी फार्म पर सहारे के लिए ढाँचे बना रहे हैं।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

बॉक्स-6 : फार्म से सम्बन्धित कार्यों के आस-पास और उनके माध्यम से सामाजिक सम्बन्ध

टेरेस फार्म जैसे ग़ैर-औपचारिक स्थान, रिश्तों को सुधारने और नए रिश्ते बनाने में मदद कर सकते हैं। उदाहरण के लिए फार्म अलग-अलग पीढ़ियों के अनुभवों को एक साथ लाने में मदद करता है क्योंकि आमतौर पर, इसमें शामिल विद्यार्थियों के दादा-दादी भी इस परियोजना में काफ़ी दिलचस्पी ले रहे थे। इन दादा-दादी के पास खेती के बारे में अपने ज्ञान को अब अपने पोते-पोती के साथ साझा करने का अवसर था। जो फार्म पर काम द्वारा उत्पन्न प्रेरणाओं के कारण उस ज्ञान के प्रति अधिक ग्रहणशील लग रहे थे। एक अन्य उदाहरण में, एक कक्षा-शिक्षक ने अपनी प्रतिक्रिया में पुष्टि की कि विद्यार्थियों को फार्म पर मिलकर काम करने में मज़ा आया। उनकी शिक्षिका ने बताया कि विद्यार्थी फार्म पर एक साथ मिलकर काम करने से बड़े समूह बनाने और कक्षा में एक-दूसरे की मदद करने की ओर प्रवृत्त हुए हैं। फार्म विद्यार्थियों को इस बात की सराहना करने में भी मदद करता प्रतीत होता था कि उनमें से कुछ उन चीज़ों में प्रवीण हैं जो पारम्परिक शिक्षा में शामिल नहीं हैं। उदाहरण के लिए एक विद्यार्थी गाँठ बाँधने में बहुत अच्छा था और उसे अकसर दूसरों की मदद के लिए कहा जाता था। उसे तब तक 'अच्छा' विद्यार्थी नहीं माना जाता था और वह बहुत लोकप्रिय नहीं था। लेकिन गाँठ बाँधने के उसके हुनर से उसको पहचान और सराहना मिली। एक अन्य शिक्षिका ने बताया कि एक विद्यार्थी के व्यवहार में उल्लेखनीय परिवर्तन हुआ जो हाल ही में स्कूल में भरती हुआ था। वह शुरू में काफ़ी मितभाषी था, कुछ फार्म सत्रों में भाग लेने के बाद वह काफ़ी मुखर हो गया। ऐसा इसलिए था क्योंकि गाँव में उसके परिवार के पास एक खेत था, और उसे खेत पर काम करने के अपने अनुभव साझा करने में आनन्द आने लगा। उसने महसूस किया कि उसके साथी उन अनुभवों को महत्त्व दे रहे हैं। एक और उदाहरण तब देखा गया जब विद्यार्थियों ने, शहर के बाहरी इलाक़े में एक जैविक खेत का दौरा किया, जिसकी देखभाल एक आईआईटी स्नातक किसान द्वारा की जा रही थी। किसान ने गाय के गोबर का घोल और खाद तैयार करने की तकनीक का प्रदर्शन किया और विद्यार्थियों को विभिन्न प्रकार के फल, सब्ज़ियों और पेड़ों से परिचित कराया। विद्यार्थियों ने किसान की पेशेवर यात्रा में काफ़ी दिलचस्पी ली, क्योंकि उसने इस रूढ़िवादी धारणा को चुनौती दी कि 'शिक्षित' लोग क्या कर सकते हैं या उन्हें क्या करना चाहिए। उसने विद्यार्थियों के समक्ष खेती को एक महत्त्वपूर्ण आजीविका के रूप में पेश किया।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

समृद्धता को बनाए रखने के लिए क्या करना होता है। जैसे एक विद्यार्थी ने कहा :

"पहले हम सोचते थे कि मिट्टी हमें पैकेटों में मिलती है और पौधे उसमें वैसे ही उग जाएँगे। लेकिन अब हमें समझ में आया है कि इसमें गोबर डालना होता है और कई ऐसे विघटनशील पदार्थ डालने होते हैं जो पोषक तत्वों को बेहतर बनाते हैं। इसने मिट्टी के बारे में मेरे विचार बदल दिए हैं।"– DV

माता-पिता और दादा-दादी अब स्कूल विज़िट में फार्म को भी शामिल करने लगे हैं। कुछ तो नियमित रूप से आने लगे हैं – वालण्टियर के रूप में – ताकि वे सीख सकें और खेती के अपने अनुभव साझा कर सकें। अर्थात यह प्रोजेक्ट एक सामुदायिक विस्तार का कार्यक्रम बन गया है (देखें **बॉक्स-6**)। कई विद्यार्थी अपने गाँवों से बीज ले आते हैं; कुछ विद्यार्थी अपने घरों पर भी ये पौधे उगाने लगे हैं। फार्म के रख-रखाव के लिए ज़रूरी राशि का इन्तज़ाम करने के लिए विद्यार्थी आस-पड़ोस में पौधे बेचने का काम भी करते हैं। इस तरह से, टेरेस फार्म बीज और पौध आदान-प्रदान का एक केन्द्र भी बनने लगा है। इसके अलावा, फार्म स्कूल के स्वभाव का हिस्सा भी बनने लगा है जो 'शिक्षक-विद्यार्थी' अनुभवों में योगदान दे रहा है, जो फार्म पर विद्यार्थियों के अवलोकनों और कामकाज पर आधारित होते हैं (देखें **बॉक्स-7**)। उदाहरण के लिए एक विज्ञान शिक्षक ने बताया कि उन्होंने फार्म का उपयोग किस तरह किया :

"मैं सातवीं और छठी में पढ़ाती हूँ, उनके पाठ इसी तरह के हैं। जैसे पादप रचना एवं प्रकार्य और पादप प्रजनन। तो मैं उन्हें एक-दो बार फार्म पर लेकर गई और दिखाया। मैंने उन्हें प्रतान (लता-तन्तु), समानान्तर विन्यास, जाली विन्यास, मूसला जड़, झकड़ा जड़ दिखाई। फल कितने प्रकार के होते हैं? फूल से फल कैसे बनते हैं? फूल का कौन-सा हिस्सा फल बनता है? अंखुड़ियाँ (बाह्यदल) क्या होती हैं, पंखुड़ियाँ (दल) क्या होती हैं, सब कुछ। मैं उनके चेहरे पर उत्साह देख सकती थी क्योंकि वे खुद प्रतान, उनके लिपटने के ढंग, सहारे के प्रकार देख रहे थे। हर पौधे का प्रतान अलग-अलग होता है, क्योंकि वे पत्ती से बने होते हैं। कद्दू के प्रतान अलग होते हैं, करेले के प्रतान अलग। पत्तियों की अलग-अलग आकृतियाँ और रंग। पत्ता गोभी, फूल गोभी, उन्होंने कभी

बॉक्स-7 : फार्म स्कूल की दिनचर्या का हिस्सा है

यह कहने की ज़रूरत नहीं है कि टेरेस फार्म जैसे प्रोजेक्ट को एक सतत व स्कूल की संस्कृति का अभिन्न हिस्सा बनना चाहिए। एक-बारगी की जाने वाली गतिविधि विद्यार्थियों पर छाप तो छोड़ती हैं लेकिन आगे कार्रवाई के लिए उमंग पैदा करने में प्राय: असफल रहती हैं। उदाहरण के लिए फार्म पर गतिविधियों/चीज़ों के साथ लगातार अन्तर्क्रियाओं से उभरे फीडबैक और चिन्तन ने व्यापक पर्यावरणीय संवेदनाएँ विकसित करने में मदद की है। ऐसे प्रोजेक्टों को स्कूल की संस्कृति में अंगीकार करने हेतु ज़रूरी है कि इन्हें विद्यार्थियों के शैक्षिक अनुभव का केन्द्रीय हिस्सा माना जाए, न कि पाठ्यक्रम से इतर गतिविधि। इसके लिए स्कूल प्रबन्धन, शिक्षकों और पालकों की भागीदारी की ज़रूरत होती है। उदाहरण के लिए, टेरेस फार्म का प्रभाव क्षेत्र धीरे-धीरे बढ़ रहा है। शिक्षकों को प्रोत्साहित किया जा रहा है कि वे अपने द्वारा पढ़ाए जाने वाले विषयों के साथ कड़ियाँ जोड़ें। पालकों को अपने फुरसत के समय इस प्रोजेक्ट में स्वेच्छा से जुड़ने को प्रेरित किया जा रहा है। आस-पड़ोस में विस्तार की दृष्टि से विद्यार्थियों द्वारा कम्पोस्टिंग, खाद्य पौधे उगाने वग़ैरह को लेकर कार्यशालाएँ डिज़ाइन व संचालित की जा रही हैं।

शब्दावली :

मितव्ययिता : सामग्रियों के उपयोग में सावधानी बरतना और कम-से-कम में काम चलाना। वर्तमान सन्दर्भ में इसका मतलब है रोपणियों, पानी तथा अन्य सहायक सामग्री का उपयोग।

पलवार : मिट्टी की सतह को जैविक पदार्थों की एक पतली परत से ढकना (अपेक्षाकृत ठण्डे स्थानों पर प्लास्टिक चादर का उपयोग किया जा सकता है)। इससे नमी बनी रहती है, उर्वरता बढ़ती है और खरपतवार की वृद्धि कम होती है। वर्तमान प्रोजेक्ट में पलवार के लिए सूखी पत्तियों अथवा गन्ने के रेशों (बगासे, जो गन्ने का रस बेचने वालों से आसानी से मिल जाता है) का उपयोग किया गया था।

प्रोबायोटिक : ऐसे सूक्ष्मजीव से है जो मनुष्य की आँतों की तन्दुरुस्ती में योगदान देते हैं। वर्तमान सन्दर्भ में गोबर में उपस्थित सूक्ष्मजीवों की बात हो रही है, जो मिट्टी की उर्वरता को बढ़ाकर प्रोबायोटिक की तरह काम करते हैं।

परस्परता : इस प्रोजेक्ट में परस्परता का अर्थ है पौधों की देखभाल और उनके प्रति हमदर्दी पर आधारित एक दो-तरफा सम्बन्ध बनाना। हम पौधों और उनके पर्यावरण की देखभाल करते हैं और यह कहा जा सकता है कि हमारी इस देखभाल का सिला सब्ज़ियों और फलों की उपज के रूप में मिलता है।

समग्र शारीरिक अन्तर्क्रियाएँ : अध्ययन का वह क्षेत्र जिसमें सौन्दर्य बोध में संवेदी अनुभूतियों पर ज़ोर दिया जाता है।

सम्प्रभुता : वर्तमान सन्दर्भ में सम्प्रभुता से मतलब एक टिकाऊ ढंग से खाद्य उत्पादन की क्रियाविधियों, नीतियों और अर्थशास्त्र के मामले में खाद्य उत्पादनकर्त्ताओं (किसानों) और उपभोक्ताओं के अधिकारों से है। इनमें बीज बचाकर आत्मनिर्भर होने का अधिकार भी शामिल है (बजाय इसके कि वे कृषि कम्पनियों पर निर्भर रहें कि वे संकर बीजों पर नियंत्रण रखेंगी और बेचेंगी)।

प्रबन्धन या देखभाल (Stewardship) : स्थानीय पर्यावरण की देखभाल के लिए ज़िम्मेदार और समर्थ होना।

जाफरी : लताओं को सहारा दोने के लिए लकड़ी की खपच्चियों को गूँथकर बनाया गया खुला ढाँचा।

उन्हें पौधों के रूप में उगते नहीं देखा था... यह उनके लिए इतना अनोखा अनुभव था कि यह लम्बे समय तक उनके साथ रहेगा।"

समेकन

शहरी परिवेश को आमतौर पर प्रकृति से दूर स्थित माना जाता है। इससे यह विचार पनपता है कि शहर प्रकृति से अलग-थलग अस्तित्व में हैं और शहरी मानव बसावट का पर्यावरण पर असर प्रतिकूल ही हो सकता है। शहरी खेती-किसानी जैसे काम इस धारणा को चुनौती देते हैं। जो भोजन हम खाते हैं, उसके ज़रिए मिट्टी से एक सम्बन्ध बनाना उत्पादन व उपभोग की प्रचलित शैलियों के विरुद्ध एक सशक्त बयान हो सकता है। खाद्य फ़सलों के फार्म विद्यार्थियों के साथ संवाद के विविध परिप्रेक्ष्य प्रदान करते हैं – ये परिप्रेक्ष्य स्थानीय भूगोल से लेकर जीवविज्ञान तक, अर्थशास्त्र से लेकर इतिहास तक फैले हुए हैं। कई मामलों में इन परिप्रेक्ष्यों के अन्तर्सम्बन्धों को फार्म के अपने अनुभवों और उसके आस-पास विकसित होने वाले समुदाय के माध्यम से बेहतर समझा जा सकता है।

Credits: Deborah Dutta. License: CC-BY-NC.

एक सहयोगी स्थान के रूप में, टेरेस फार्म शिक्षण के विभिन्न स्वरूपों की गुंजाइश प्रदान करता है। जैसे बड़ों से सीखना और

साथियों से सीखना। यह सीखने के रास्तों के तौर पर कई संवेदना शैलियों को खोलता है। इससे यह भी पता चलता है कि अच्छी पर्यावरणीय प्रथाओं के विकास के लिए शायद 'धरती बचाओ!' जैसे बड़बोले नारों की ज़रूरत नहीं है, क्योंकि जिस चीज़ को बचाने की ज़रूरत है, वह है प्रकृति के साथ हमारा सम्बन्ध। दरअसल, अमूर्त ढंग से पर्यावरणीय मुद्दों के साथ जुड़ना अक्रियता और संवेदनशून्यता को जन्म दे सकता है। ठोस सम्बन्ध स्थापित करके, शहरी फार्म्स हमें अवसर देते हैं कि हम प्रकृति के साथ देखभाल, परस्परता का सम्बन्ध और प्रकृति के प्रति सम्मान बहाल कर सकें। उम्मीद सचमुच हमारे पैरों तले है।

मुख्य बिन्दु

- पर्यावरण सम्बन्धी सांकेतिक गतिविधियाँ और पर्यावरण विनाश की डरावनी तस्वीरें शायद विद्यार्थियों को 'व्यापक' समस्याओं के प्रति अत्यन्त सजग बना दें, लेकिन अपने जीवन में कोई बदलाव लाने में अशक्त बना सकती हैं।
- टेरेस फार्म एक तरीक़ा उपलब्ध कराते हैं जिसमें महानगरों में 'वास्तविक भागीदारी' के विचारों और व्यवहार को आपस में जोड़ने की सम्भावना पैदा होती है। टेरेस फार्म पर काम से :
  - विद्यार्थियों को मात्र आँखों की बजाय छूकर, सूँघकर और चखकर पर्यावरण को महसूस करने का अवसर मिला।
  - ऐसी चुनौतियाँ प्रस्तुत हुईं, जिन्होंने कई बार विद्यार्थियों को नवीन समाधान खोजने को प्रवृत्त किया।
  - विद्यार्थियों को उत्साह मिला कि वे अपने जुड़ाव में कम्पोस्टिंग, पुनरुपयोग, भोजन की बर्बादी कम करें और स्कूल के बाहर के स्थानों पर पेड़-पौधे उगा सकें।
  - विद्यार्थी पर्यावरण के सामान्य विचारों पर मनन करने को प्रवृत्त हुए, और सामुदायिक विस्तार के काम में जुटे, जिसमें बीजों व पौधों का आदान-प्रदान शामिल था।
  - शिक्षकों को शिक्षण के विभिन्न तरीकों के साथ प्रयोग करने के अवसर मिले, जैसे बड़ों से सीखना और साथियों से सीखना।
- स्कूल टेरेस फार्मिंग जैसे प्रोजेक्टों में शामिल हों, तो इस धारणा को चुनौती देने का अवसर मिलता है कि शहरी मानव बसावटें पर्यावरण पर मात्र प्रतिकूल असर डाल सकती हैं। साथ ही इनसे प्रकृति के साथ देखभाल, परस्परता और सम्मान का रिश्ता बहाल करने में मदद मिलती है।

डेबोराह दत्ता होमी भाभा सेंटर फॉर साइंस एजूकेशन (HBCSE) में पीएचडी स्कॉलर हैं। अपने शोध कार्य में वे पर्यावरण कार्रवाई में भागीदारी में निहित प्रेरक प्रक्रियाओं की खोज-बीन करती हैं। वे विशेष रूप से सामुदायिक-व्यवहार के एक स्थल के रूप में शहरी फार्म पर ध्यान केन्द्रित करती हैं। उनसे deborah@hbcse.tifr.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

'दिल से'

अरस्तुवादियों के लिए भौतिकी

नीतीश सहगल

बच्चों के दिमाग़ खाली घड़े नहीं होते। वे कई रोचक, आश्चर्यजनक एवं गहरी जड़ें जमाए विचारों के साथ कक्षा में आते हैं जो समकालीन वैज्ञानिक सिद्धान्तों के संगत नहीं होते हैं। अध्यापक के लिए ज़रूरी होता है कि वह इस बात को पहचाने एवं उन विचारों में बदलाव की प्रक्रिया शुरू करे, क्योंकि ऐसे विचार सीखने में बाधा बन सकते हैं।

भौतिकी से हमारा सामना प्रतिदिन होता है, लेकिन प्राय: हम उन अन्तर्दृष्टियों को पहचान नहीं पाते जो दैनिक जीवन की विभिन्न परिघटनाओं की वैज्ञानिक व्याख्या करने वाले सिद्धान्तों के मूल में हैं। चूँकि इन्सान में हर चीज़ का कारण ढूँढ़ने की प्रवृत्ति होती है, इसलिए हम अपने आस-पास की दुनिया में होने वाली प्रत्येक घटना को समझने एवं उसके बारे में पूर्वानुमान लगाने के लिए कुछ सहज कार्य-कारण सिद्धान्त बना लेते हैं। सामान्यतया यह सहज सिद्धान्त स्थापित वैज्ञानिक सिद्धान्तों के साथ मेल नहीं खाते हैं और परिणामस्वरूप भौतिक परिघटनाओं के बारे में तमाम ग़लतफ़हमियों का जन्म होता है।

कक्षा-9 के 70 विद्यार्थियों (20 लड़के एवं 50 लड़कियों) में बल की अवधारणा के बारे में ऐसी ही एक ग़लतफ़हमी प्रक्षेप्य गति (projectile motion) पर चर्चा के दौरान देखने को मिली। ये विद्यार्थी बैरागढ़, चिचली, मध्य प्रदेश के एक सरकारी हाई स्कूल में पढ़ाई कर रहे थे।

गति के सहजबोध मॉडल्स को उभारना

विद्यार्थियों से यह पूर्वानुमान करने को कहा गया कि यदि किसी गेंद को एक निश्चित क्षैतिज वेग के साथ टेबल के किनारे की तरफ लुढ़का दिया जाए और टेबल से नीचे गिरने दिया जाए तो गेंद क्या मार्ग अपनाएगी (देखें **अवधारणा निर्माण : गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में गति**)। केवल दो विद्यार्थियों ने विकल्प II चुना, जबकि बाक़ी सब ने विकल्प I को चुना।

गति को लेकर उनके सिद्धान्तों को उभारने के प्रयास में उनको अपने विकल्प चयन के पीछे का कारण बताने को आमंत्रित किया गया। विकल्प I का चयन करने वाले विद्यार्थियों ने तर्क किया कि गेंद को धक्का देने के लिए लगाया गया बल गेंद में स्थानान्तरित हो जाएगा। परिणामस्वरूप गेंद तब तक उसी दिशा (सरल रेखा) में गति करती रहेगी, जब तक कि उस पर लगाया गया बल इतना कमज़ोर न पड़ जाए कि गेंद की गति पर कोई प्रभाव नहीं डाल पाए। इस क्षण, गेंद पर गुरुत्वाकर्षण बल लगना शुरू हो जाएगा और गेंद को नीचे खींचने लगेगा। तर्कसंगत प्रतीत हो रही यह व्याख्या नई नहीं है। यह गति के गतिबल (impetus) सिद्धान्त से काफ़ी मिलती-जुलती है (देखें **बॉक्स-1**)। इसके विपरीत विकल्प II का चयन करने वाले दो विद्यार्थियों ने कहा कि क्रिकेट के खेल में गेंद को कैच करने के लिए उन्हें जिस प्रकार अपनी स्थिति का निर्धारण करके खड़ा होना पड़ता है, उनका उत्तर उस अनुभव पर आधारित है।

मानसिक मॉडल्स की वैधता को चुनौती देने का एक

तरीक़ा कुछ प्रति-उदाहरण प्रस्तुत करके संज्ञानात्मक विसंगतियों को उभारने का है। इसलिए, दोनों समूहों के विद्यार्थियों को प्रोत्साहित किया गया कि अगली बार कक्षा में आने से पहले वे अपने जवाबों की जाँच करके आएँ। उनकी मौजूदा संज्ञानात्मक समझ में किसी भी प्रकार के बदलाव (चाहे वे बदलाव छोटे-मोटे ही हों) को जानने के लिए, उन्हें अपने उत्तर में संशोधन करने का मौक़ा दिया गया।

गति के सहजबोध मॉडल्स का परीक्षण

प्रयोग के बारे में चर्चा को जब अगली कक्षा में फिर से शुरू किया गया, तो दोनों समूह अब भी अपने पुराने जवाबों पर टिके रहे। हालाँकि प्रथम समूह ('दिल से' अरस्तुवादी) ने विकल्प I में थोड़ा-सा संशोधन करते हुए कहा कि टेबल के किनारे से नीचे गिरने पर गेंद के पथ का रेखीय भाग छोटा हो जाएगा (देखें **बॉक्स-2**)।

जिन विद्यार्थियों ने विकल्प I का चयन किया था, सम्भव है कि स्वयं प्रयोग करने पर उन्होंने देखा होगा कि धक्का देने के पश्चात गेंद क्षैतिज पथ का अनुसरण बहुत हद तक नहीं करती है। यह बात उनके द्वारा अपने सहजबोध मॉडल को पूर्णतया ख़ारिज करने की बजाय उसी को सुधारने के प्रयासों (जैसे अपने गड़बड़ प्रेक्षणों को समायोजित करना) में झलकती है। परिणामस्वरूप गति के बारे में उनके विचार गतिबल सिद्धान्त के काफ़ी क़रीब ही रहे एवं उसमें प्रक्षेप्य गति के अल्बर्ट ऑफ़ सैक्सोनी के मॉडल के कुछ तत्व परिलक्षित हुए।

विद्यार्थियों को उनके मानसिक मॉडल की वैधता पर सवाल उठाने के लिए प्रेरित करने

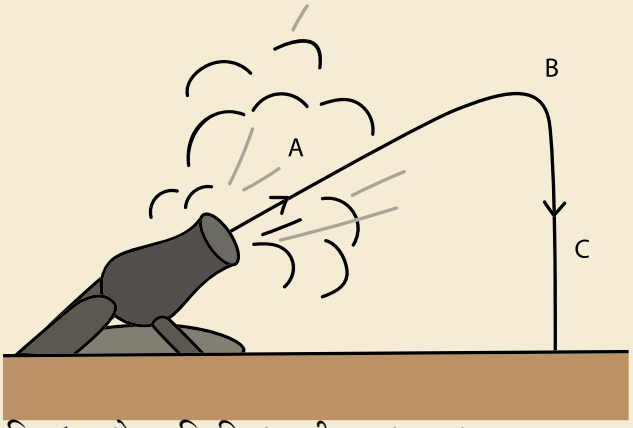
बॉक्स-1 : गति के सिद्धान्त - एक संक्षिप्त इतिहास

गति की सबसे पुरानी व्याख्याओं में से एक अरस्तु द्वारा दी गई थी। उनका मत था कि सभी वस्तुओं की प्राकृतिक अवस्था 'स्थिर-अवस्था' होती है, और प्रत्येक गति (गति की घटना) के पीछे एक 'कारण' अवश्य होता है।[1] उनका मत था कि यह बात तब भी सत्य होती है, जब गति का कारण स्पष्ट रूप से नज़र नहीं आ रहा होता है। उदाहरण के लिए, बाण से निकल जाने के पश्चात तीर की गति के बारे में उन्होंने बताया था कि जिस माध्यम (हवा) में तीर गति करता है, उसमें एक प्रेरक बल होता है जो उसे आगे की ओर धक्का देता है।

अरस्तुवादी अवधारणाओं को छठी शताब्दी में एलेक्ज़ेण्ड्रिया के दार्शनिक जोहान्स फिलोपोनस ने ख़ारिज कर दिया। फिलोपोनस ने दावा किया कि एक सक्रिय अभिकर्ता, हवा में फेंके गए किसी भी पिण्ड पर एक प्रेरक शक्ति आरोपित करता है। यह प्रेरक शक्ति गति को तब तक बनाए रखती है जब तक कि माध्यम के प्रतिरोध द्वारा वह पूर्णतया बिखर न जाए। 14वीं शताब्दी के एक फ्रांसीसी दार्शनिक ज़्यां बुरिडान ने इस प्रेरक शक्ति को 'गतिबल' नाम दिया।

इसके कुछ समय बाद, अल्बर्ट ऑफ़ सैक्सोनी (Albert of Saxony) ने गतिबल सिद्धान्त का प्रयोग करते हुए बताया कि क्षैतिज दिशा में फेंके गए प्रक्षेप्य की गति को तीन चरणों में समझा जा सकता है। पहले चरण में, प्रक्षेप्य को फेंकते समय उस पर आरोपित गतिबल गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव को कम कर देता है और प्रक्षेप्य आगे बढ़ता है। दूसरे चरण में, वायु प्रतिरोध द्वारा गतिबल को कमज़ोर कर दिया जाता है; अतः इस चरण में प्रक्षेप्य की गति, गतिबल एवं गुरुत्वाकर्षण के आपसी सन्तुलन का परिणाम है। अन्तिम चरण में गतिबल पूरी तरह समाप्त हो जाता है, और प्रक्षेप्य गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में ऊर्ध्वाधर रूप से सीधे नीचे गिरता है (देखें **चित्र-1**)।[2]

अन्ततः 17वीं शताब्दी में न्यूटन ने गतिशील वस्तुओं के व्यवहार को तीन नियमों में समेटा। इनमें से प्रथम नियम के अनुसार – सभी वस्तुएँ, अपनी स्थिर अवस्था में या सीधी रेखा में गति की अवस्था तब तक बनी रहती हैं जब तक कि कोई बाह्य बल उन्हें अपनी अवस्था बदलने को विवश न करे। इस नियम ने, किसी सक्रिय अभिकर्ता से अलग हो जाने के बाद किसी पिण्ड की गति से सम्बन्धित कुछ महत्त्वपूर्ण प्रश्नों को समझने में मदद की। उदाहरण के लिए सक्रिय अभिकर्ता से अलग होने के बाद भी पिण्ड अपनी गति लगातार जारी क्यों रखते हैं? यह नियम कहता है कि वे बस ऐसा करते हैं, यह उनका स्वभाव है। न्यूटन ने इस स्वभाव को जड़त्व कहा, लेकिन यह नहीं समझा पाए कि वस्तुएँ ऐसा व्यवहार क्यों करती हैं। अतः न्यूटन का 'जड़त्व', अरस्तु द्वारा सुझाई गई 'प्राकृतिक गति' जैसा ही है, जो वस्तु को उसकी प्राकृतिक स्थिति की ओर ले जाती है और इसकी किसी व्याख्या की आवश्यकता नहीं है।



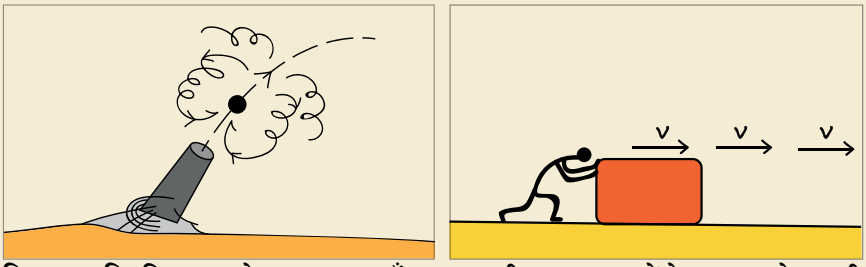
चित्र-1 : प्रक्षेप्य गति की मध्ययुगीन अवधारणा।

Credits: Nitish Sehgal. License: CC-BY-NC.

बॉक्स-2 : दिल से अरस्तुवादी किन्हें कहा जाता है?

एक बार जब कोई बच्ची यह अनुभव कर लेती है कि किसी वस्तु को खींचने या धक्का देने के लिए हमें एक बल लगाना पड़ता है (देखें **चित्र-2**), तब वह इस परिकल्पना पर पहुँच सकती है कि गति के लिए बल आवश्यक है।

इस परिकल्पना में उसका विश्वास और ज़्यादा मज़बूत होता जाएगा जब वह हरेक मामले में देखेगी कि किसी 'प्रत्यक्ष' बाह्य अभिकर्ता द्वारा आरोपित बल के प्रभाव में कोई वस्तु गति करती है। क्योंकि इस परिकल्पना का परीक्षण हमारे दैनिक जीवन में अनेक बार होता है और यह सुदृढ़ पाई जाती है, इसलिए समय के साथ यह और अधिक दृढ़ होती जाती है और सिद्धान्त के स्तर पर पहुँच सकती है।[3] यह देखना काफ़ी दिलचस्प है कि यह लोक-सिद्धान्त अरस्तु की धारणा (गति के लिए बल अनिवार्य है) से काफ़ी मिलता-जुलता है।



चित्र-2 : गति की सहज लोक अवधारणाएँ, अरस्तुवादी अवधारणाओं के समरूप हो सकती हैं : (क) बहती हुई हवा का एक झपट्टा तोप के गोले को गतिमान बनाए रखता है। (ख) गति को बनाए रखने के लिए एक धक्के की आवश्यकता होती है।

Credits: Nitish Sehgal. License: CC-BY-NC.

जब बच्ची स्कूल में भौतिकी के पाठ्यक्रम में न्यूटन के गति के नियमों के सम्पर्क में आती है, तब लोक-सिद्धान्त में यह विश्वास दैनिक जीवन की घटनाओं को न्यूटन के नियमों के तहत समझ पाने में बाधा डालता है। दरअसल, न्यूटन का गति का प्रथम नियम अकसर सहजबोध के विपरीत प्रतीत होता है क्योंकि हम दैनिक जीवन में कभी भी ऐसे निकाय के सम्पर्क में नहीं आते जो बलों से पूरी तरह मुक्त हो। जब किसी बाह्य अभिकर्ता की अनुपस्थिति, या बगैर छुए बल के प्रभाव में गति करते हुए किसी पिण्ड के पथ का स्वरूप बच्चों से पूछा जाए तो यह बात उजागर हो सकती है।

यहाँ बच्ची दोहरे जीवन में प्रवेश कर सकती है। हो सकता है कि वह कक्षा की चर्चाओं एवं परीक्षाओं में तो न्यूटन के प्रथम नियम के अनुसार गति की ठीक-ठीक व्याख्या करेगी, लेकिन व्यावहारिक जीवन में सहजबोध अरस्तुवादी लोक सिद्धान्तों का अनुसरण करने की प्रवृत्ति दर्शाएगी। इस दोहरी ज़िन्दगी को 'closeted' Aristotelians (यानी 'दिल से' अरस्तुवादी) जुमले में व्यक्त किया गया है।

के लिए, कक्षा में ही प्रयोग करके देखने के लिए कहा गया। इसने प्रयोग की विधि के बारे में चर्चा छेड़ दी – हम बिन्दु ख तक गेंद के पथ (I या II) का निर्धारण किस प्रकार करेंगे? एक विद्यार्थी ने वीडियो बनाने का सुझाव दिया, क्योंकि हो सकता है कि गेंद के वेग के कारण नंगी आँखों से उसके पथ का सही-सही अन्दाज़ा न लगे। हालाँकि वह शब्दों में स्पष्ट रूप से नहीं बता पाया कि वीडियो के साथ क्या किया जाएगा, लेकिन अन्य विद्यार्थी इस विधि के साथ सहमत हो गए।

अगली कक्षा से पहले शिक्षक ने अलग-अलग क्षैतिज वेग के साथ टेबल के एक किनारे से नीचे गिरती हुई गेंद के कई वीडियो बनाए। इन वीडियो को अपेक्षाकृत उच्च फ्रेम दर (यानि स्लो मोशन में) पर बनाया गया ताकि पथ को आसानी से देखा जा सके। जब इन वीडियो को ब्लैकबोर्ड पर दिखाया गया, तो विद्यार्थियों ने तर्क किया कि यदि गेंद इतनी धीमी गति (जैसा कि स्लो मोशन में प्रतीत हो रहा था) से चलेगी तो किनारा आते ही सीधे ज़मीन पर गिर जाएगी, न कि क्षैतिज दिशा में आगे बढ़ेगी। वीडियो को स्लो मोशन में बनाने की बात बार-बार बताने पर भी उनके विचारों में कोई बदलाव नहीं आया। इस समस्या का समाधान करने के लिए उनको प्रेरित किया गया कि वे अपने वीडियो खुद शूट करके पथ का अवलोकन करें और समझने की कोशिश करें कि स्लो मोशन वीडियो वास्तविक-समय में हो रही चीज़ों को किस प्रकार दिखाता है।

विद्यार्थियों ने जब वीडियो रिकॉर्ड कर लिए, तो शिक्षक ने ब्लैकबोर्ड पर दिखाया। गेंद की बदलती स्थितियों को देखकर उसके पथ का स्वरूप जानने की कोशिश की गई। एक वीडियो में गेंद को ज़मीन पर गिरने में लगभग 400 मिलीसेकंड का समय लगा। गेंद का ऊर्ध्वाधर वेग नगण्य होने के कारण, मेज़ छोड़ने के बाद शुरू के कुछ मिलीसेकंड में गेंद का कुछ ख़ास ऊर्ध्वाधर विस्थापन नहीं देखा गया। विद्यार्थियों ने इसको इस प्रकार समझा कि गेंद कुछ समय के लिए एकदम सीधी रेखा में आगे गई, हालाँकि उनके मूल पूर्वानुमान की तुलना में बहुत कम समय के लिए ही ऐसा हुआ। इससे लगता है कि जब उनके सामने वास्तविक परिघटनाएँ इस तरह प्रस्तुत की जाएँ जिनमें जानकारी अथवा प्रमाण उनके सहजबोध सिद्धान्तों के साथ असंगत हों, तब वे प्रस्तुतीकरण के केवल उन अंशों पर ध्यान देते हैं जो उनके मूल सिद्धान्त से मेल खाते हैं। इस प्रवृति को दो तथ्यों से समझा जा सकता है – एक, हम संज्ञानात्मक रूप से कंजूस हैं; दूसरा, नई जानकारी के प्रसंस्करण की तुलना में, परिचित जानकारी के प्रसंस्करण में कम संज्ञानात्मक श्रम लगता है।

एक बार जब यह स्थापित हो गया कि गेंद का पथ वक्राकार था, कुछ विद्यार्थियों ने प्रयोग के बारे में कुछ सवाल उठाए। उन्होंने तर्क किया कि चूँकि गेंद गोल थी, इसलिए उसने वक्राकार पथ अपनाया। एक घनाकार वस्तु का पथ वैसा ही होता, जैसा विकल्प I में वर्णित है; कोई शॉर्पनर, जिसके किनारे गोल एवं घनाकार दोनों होते हैं, विकल्प II में वर्णित पथ का अनुसरण करेगा; और कोई अनियमित वस्तु, अनियमित पथ का अनुसरण करेगी। शिक्षक ने बच्चों से प्रत्येक वस्तु के साथ प्रयोग करने के लिए एवं स्लो मोशन वीडियो रिकॉर्ड करके अपने दावों का परीक्षण करने के लिए कहा। बच्चों को ये नए वीडियो बड़े परदे पर दिखाए गए, और वस्तुओं की गति का पथ पहचानने के लिए कहा गया। इस गतिविधि ने बिना किसी सन्देह के सिद्ध कर दिया कि वस्तुओं की आकृति का उनके पथ पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। अलबत्ता, टेबल से सम्पर्क छूटने के बाद वस्तुएँ कुछ देर सीधी रेखा में गमन

करती हैं – यह विश्वास उन विद्यार्थियों में अभी भी काफ़ी कुछ वैसा ही रहा जहाँ से उन्होंने शुरुआत की थी।

शिक्षण सम्बन्धी विचार

कार्यक्रम के स्तर पर इस मुद्दे पर चर्चा करना उपयोगी हो सकता है कि गति सम्बन्धी न्यूटनीय विचारों का परिचय हाई स्कूल में पहुँचकर ही क्यों करवाया जाता है। पाठ्यक्रम में गति का ज़िक्र आने से पहले विद्यार्थियों को उनकी खुद की धारणाएँ एवं सिद्धान्त बनाने के लिए इतना अधिक समय क्यों दिया जाता है? फिर, माध्यमिक एवं उच्च माध्यमिक कक्षाओं में 2-3 वर्षों के दौरान विद्यार्थियों से अपेक्षा की जाती है कि वे अपने पुराने विश्वासों को भूलकर पाठ्यपुस्तकों द्वारा प्रस्तुत 'सही ज्ञान' को स्वीकार कर लें। एक शोध के अनुसार, अपने मानसिक मॉडल्स में बदलाव करने की दृष्टि से छोटे बच्चों की तुलना में बड़े बच्चे कम लचीले हो सकते हैं (और कभी-कभी तो इसमें उनकी रूचि भी कम होती है), अतः बेहतर होगा कि हम उन्हें कम उम्र में ही सम्हाल लें (देखें **बॉक्स-3**)। अलबत्ता, ऐसा करने से छोटे बच्चों के सामने अवधारणाओं को स्पष्ट, सम्भाव्य एवं उपयोगी बनाने के प्रयासों में आने वाली मुश्किलें कम नहीं हो जाएँगी।

पाठ्यक्रम के स्तर पर, विज्ञान की पाठ्यपुस्तकों में यांत्रिकी के टॉपिक जिस क्रम में प्रस्तुत किए जाते है, उस क्रम पर फिर से विचार किया जाना भी उपयोगी हो सकता है (देखें **बॉक्स-4**)। विद्यार्थियों को शुद्धगतिकी (kinematics) में गति के बारे में पहले ही पढ़ा दिया जाता है, जबकि गति के कारणों (या बल किस प्रकार गति को प्रभावित करते हैं) का कोई ज़िक्र नहीं किया जाता। वे त्वरण को महज़ एक गणितीय राशि के रूप में पढ़ते हैं, उसके भौतिक निहितार्थ एवं कारणों को समझे बिना। त्वरण के कारणों की एक झलक केवल तभी मिलती है जब उनका परिचय बल से करवाया जाता है। तब तक गति के कारणों को लेकर उन्हें ख़ुद की कल्पनाओं के भरोसे छोड़ दिया जाता है। क्या इसी वजह से, वे विभिन्न परिघटनाओं के लिए सामान्य व्यावहारिक ज्ञान और सहज अवधारणाओं के निर्माण की ओर बढ़ते हैं?

शैक्षणिक दृष्टि से लोक सिद्धान्तों को

बॉक्स-3 : बड़ी कक्षा के एक विद्यार्थी के साथ चर्चा

शिक्षक ने एक अनौपचारिक वार्तालाप के दौरान वही प्रश्न कक्षा 10 के एक विद्यार्थी के सामने रखा। उसी वार्तालाप की एक झलकी (हालाँकि शब्दशः नहीं है) :

शिक्षक : टेबल पर एक गेंद रखी हुई है, उसे हाथ से धकेल दिया गया है। क्या आपको लगता है कि टेबल से सम्पर्क छोड़ने के बाद भी गेंद सरल रेखा में चलती रहेगी?

विद्यार्थी : हाँ, ऐसा ही होगा; क्योंकि इसे क्षैतिज दिशा में धक्का दिया गया था। इस पर जो बल क्षैतिज दिशा में लगाया गया, वह उसे क्षैतिज दिशा में धकेलता रहेगा। मान लीजिए कि इस पर 100N का बल लगाया गया, और 40N का बल गेंद में स्थानान्तरित हो गया। गेंद एवं टेबल के बीच घर्षण के कारण कुछ बल का क्षय हो जाएगा, और जब गेंद टेबल के किनारे से सम्पर्क तोड़ रही होगी, उसके पास 40N से कम बल बचेगा। उसके बाद वायु प्रतिरोध के कारण और अधिक बल का क्षय होगा, और गेंद गुरुत्वाकर्षण के कारण नीचे गिरने लगेगी।

जिस समय यह वार्तालाप हो रहा था, विद्यार्थी प्रक्षेप्य गति के बारे में पढ़ चुका था और उसने शुद्धगतिकी का शिक्षण एक 'प्रतिष्ठित' निजी स्कूल एवं एक 'अच्छे' कोचिंग संस्थान दोनों में प्राप्त किया था। लेकिन प्रक्षेप्य गति के बारे में उसकी धारणा बिल्कुल वैसी ही रही, जो सरकारी स्कूल के विद्यार्थियों की होती है, जिनके पास स्कूल की पाठ्यपुस्तकों के अलावा कोई और बाहरी सुविधा नहीं होती है। यह सामान्यीकरण करते हुए शायद आप कमज़ोर धरातल पर हैं, लेकिन बच्चों की पूर्व-अवधारणाओं एवं लोक-सिद्धान्तों को चुनौती देने के लिए केवल 'गुणवत्तापूर्ण शिक्षण एवं स्रोत सामग्री' उपलब्ध करवाना ही पर्याप्त नहीं होता है।

बॉक्स-4 : पाठ्यपुस्तकों में गति का परिचय कैसे करवाया जाता है?

भौतिकी की कुछ पाठ्यपुस्तकों का अध्ययन करके देखा गया कि वे प्रक्षेप्य गति का परिचय किस प्रकार करवाती हैं। एच. सी. वर्मा की *कॉन्सेप्ट्स ऑफ़ फिज़िक्स* में प्रक्षेप्य गति का परिचय कुछ इस प्रकार दिया गया है :

"जब एक कण को पृथ्वी की सतह से तिरछा ऊपर फेंका जाता है, तो यह एक वक्रीय पथ का अनुसरण करता है। ऐसे कण को प्रक्षेप्य एवं उसकी गति को प्रक्षेप्य गति कहते हैं।"[4]

इसके बाद, इस सिद्धान्त का विस्तृत गणितीय निरूपण किया गया है, जिसमें विद्यार्थियों की ख़ुद की पूर्व समझ को सामने लाने का कोई प्रयास नहीं किया गया है। इसी प्रकार सीयर्स और ज़ीमान्स्की की *यूनिवर्सिटी फिज़िक्स* कई उदाहरणों एवं हल किए गए सवालों के माध्यम से गति के सिद्धान्तों का विस्तृत परिचय प्रस्तुत करती है, लेकिन विद्यार्थियों को इन परिघटनाओं के बारे में अपने विचारों के परीक्षण के लिए प्रोत्साहित नहीं करती है। ऐसा प्रतीत होता है कि इन पुस्तकों के लेखक विद्यार्थियों को महज़ ज्ञान के एक ग्राही के रूप में देखते हैं, न कि एक विचारशील प्रशिक्षु के रूप में जो ज्ञान का निर्माण करने व सवाल उठाने में सक्षम है।

सम्बोधित करने का सबसे अच्छा तरीक़ा यह होगा कि ऐसी गतिविधियों का आयोजन किया जाए जो विद्यार्थियों को 'अपनी ग़लतफ़हमियों के प्रति जागरूक' कर सकें।[1] विद्यार्थियों को प्रेरित किया जा सकता है कि उनके पास किसी परिघटना का जो भी मॉडल है, उसे वे शब्दों या चित्रों से व्यक्त करें। इससे शिक्षक को उनके विशिष्ट लोक सिद्धान्त की प्रकृति को समझने में मदद मिल सकती है। इसका उपयोग, उन अवधारणाओं को बोधगम्य, सुसंगत (आन्तरिक-तर्कयुक्त), स्वीकार्य (बच्चे द्वारा दुनिया के अन्य अनुभवों के खिलाफ़ नहीं), और लाभदायक (पुराने दृष्टिकोण से अधिक उपयोगी) तरीक़े से समझाने के लिए शिक्षण-योजना निर्मित करने में किया जा सकता है।[4]

समेकन

भौतिक विज्ञान के शिक्षक के लिए एक और गतिविधि :

एक रस्सी के एक सिरे पर एक पिण्ड बँधा हुआ है और दूसरा सिरा एक व्यक्ति के हाथ में है। वह उस रस्सी को एक क्षैतिज तल में घुमाना शुरू कर देता है। यदि वह उस रस्सी को गोल-गोल घुमाते हुए अचानक छोड़ दे तो पिण्ड का पथ कैसा होगा? आप इस प्रश्न का जवाब कैसे देंगे? इस प्रश्न को अपने विद्यार्थियों के सामने रखिए और उनके उत्तरों को नोट कीजिए। यदि कई विद्यार्थियों के उत्तर लोक मिथकों पर आधारित हों, तब क्या आप एक ऐसे प्रयोग या शिक्षण-योजना के बारे में सोच सकते हैं जो उनके मिथकों को चुनौती दे?

मुख्य बिन्दु

- इन्सान में हर घटना के पीछे कुछ-न-कुछ तर्क जोड़ देने की प्रवृत्ति होती है, इसलिए हम अपने आस-पास की दुनिया में होने वाली प्रत्येक घटना को समझने एवं उसके बारे में अनुमान लगाने के लिए कुछ सहज व अनौपचारिक कार्य-कारण सिद्धान्त बना लेते हैं।
- मूलभूत भौतिक अवधारणाओं के साथ ऐसा हो सकता है कि विद्यार्थी कक्षा की चर्चाओं एवं परीक्षाओं में तो स्थापित वैज्ञानिक सिद्धान्तों (जैसे न्यूटन का गति का प्रथम नियम) का उपयोग ठीक-ठीक कर लें, लेकिन वास्तविक जीवन में होने वाली घटनाओं में सहज लोक सिद्धान्तों का ही अनुसरण करें।
- 'गुणवत्ता युक्त अध्ययन सामग्री' उपलब्ध करवाना, बच्चों की पूर्व धारणाओं या लोक-सिद्धान्तों को चुनौती देने के लिए पर्याप्त नहीं होता है।
- विद्यार्थियों द्वारा किसी विशेष परिघटना की समझ को शब्दों या चित्रों के माध्यम से व्यक्त करने सम्बन्धी गतिविधियाँ, बच्चों के लोक-सिद्धान्तों को समझने में अध्यापक की मदद कर सकती हैं।
- विद्यार्थियों के लोक-सिद्धान्तों की समझ का उपयोग शैक्षणिक परियोजनाओं (जैसे कि कुछ प्रति-उदाहरण प्रस्तुत करके संज्ञानात्मक विसंगति पैदा करना आदि) का निर्माण करने में किया जा सकता है, जो मूलभूत अवधारणाओं को बोधगम्य, सुसंगत, स्वीकार्य और लाभदायक तरीक़े से समझाने में मदद कर सकें।

References:

1. Chick, H., & Vincent, J. (Eds.). (2005). Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 4: 97-104.
2. Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1998). 'Common sense concepts about motion'. American Journal of Physics, 53(11): 1056-1065.
3. McCloskey, M. (1983, April). 'Intuitive Physics' Scientific American: 122-131.
4. Osbourne, R. (1991). 'Building on Children's Intuitive Ideas'. In R. Osbourne, P. Freyberg, B. Bell, R. Tasker, M. Cosgrove, B. Schollum, R. Osbourne, & P. Freyberg (Eds.), Learning in Science: 41-50.

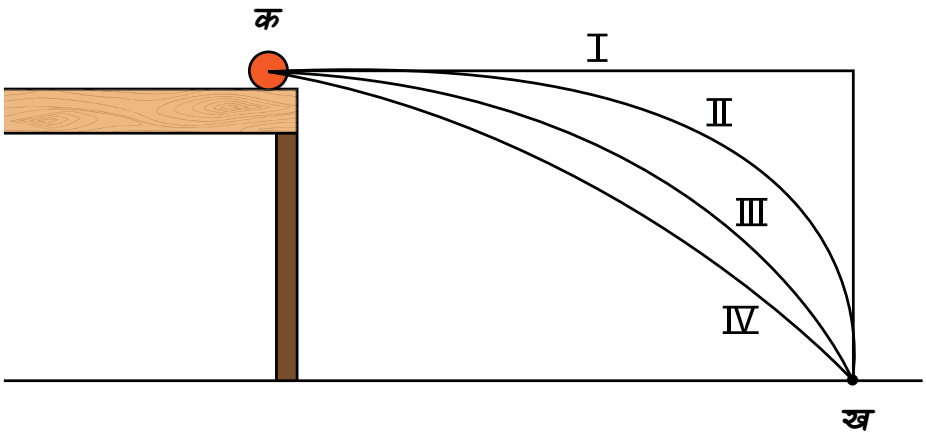
नीतीश सहगल 'समावेश' संस्था में 'विज्ञान शिक्षा प्रोजेक्ट' के लिए काम करते हैं। वे इलेक्ट्रिकल इंजीनियर हैं एवं भौतिक विज्ञान की शिक्षा में विशेष रूचि रखते हैं। उन्हें पढ़ाना पसन्द है एवं विद्यार्थियों के लिए विज्ञान शिक्षा को रोचक एवं उपयोगी बनाना चाहते हैं। उन्हें यात्रा करना एवं संगीत अत्यधिक पसन्द हैं और वे लगभग स्व-प्रशिक्षित गिटार-वादक भी हैं।

अनुवाद : कान्हाराम **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

विज्ञान शिक्षक काम पर हैं : गतिविधि शीट

अवधारणा निर्माण : गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में गति

कल्पना करें :
*एक गतिमान गेंद मेज़ के किनारे से लुढ़कती है (स्थिति **क**) और ज़मीन पर गिरती है (स्थिति **ख**)।*



अनुमान लगाएँ :
गेंद के इनमें से किस रास्ते पर जाने की सबसे अधिक सम्भावना है?

- *I*
- *II*
- *III*
- *IV*

बताएँ :
आपके द्वारा अनुमानित रास्ता चुनने का आपका कारण ।

चर्चा करें :
आप कैसे जाँचेंगे कि आपका उत्तर सही है?

रचनाकार :

नीतीश सहगल 'समावेश' संस्था के विज्ञान शिक्षण प्रोजेक्ट में कार्यरत हैं। उनसे nitish@samavesh.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : एवोगैड्रो स्थिरांक

एवोगैड्रो स्थिरांक इटालियन वैज्ञानिक एमीडियो एवोगैड्रो के नाम पर है।

Credits: Drawing by C. Sentier, executed in Torino at Litografia Doyen in 1856, from the Edgar Fahs Smith collection, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Avogadro_Amedeo.jpg. License: CC-BY.

2011 में, माप-तौल की अन्तर्राष्ट्रीय समिति ने किलोग्राम के अन्तर्राष्ट्रीय प्रतिरूप (IPK) को प्लांक स्थिरांक के सापेक्ष परिभाषित करने के तरीक़े को औपचारिक रूप दिया।

लेकिन प्रकृति में स्थिरांक के रूप में सिर्फ़ प्लांक स्थिरांक ही नहीं है जिसकी सहायता से किलोग्राम को ज़्यादा सटीकता से परिभाषित किया जा सकता है। इस उद्देश्य के लिए एक अन्य स्थिरांक - एवोगैड्रो स्थिरांक का भी उपयोग किया जा सकता है।

एवोगैड्रो स्थिरांक (इसे N_A से दर्शाया जाता है) इटालियन वैज्ञानिक एमीडियो एवोगैड्रो के नाम पर आधारित है। एवोगैड्रो मुख्य रूप से आण्विक सिद्धान्त में अपने योगदान के लिए जाने जाते हैं। यह स्थिरांक किसी भी पदार्थ के 1 मोल में उपस्थिति अणुओं/परमाणुओं की संख्या दर्शाता है। इसे इस रूप में परिभाषित किया गया है कि कार्बन-12 के 12 ग्राम में उपस्थित कार्बन परमाणुओं की संख्या = 6.022×10^{23} है। यह बात हरेक तत्व के लिए सही है — किसी भी तत्व के 1 मोल में परमाणुओं की संख्या 6.022×10^{23} होती है।

चूँकि N_A की परिभाषा पदार्थ के द्रव्यमान से सम्बन्धित है, इसलिए इस स्थिरांक का मान किलोग्राम को अधिक परिशुद्धता से परिभाषित करने में उपयोगी हो सकता है। हालाँकि, ऐसा करने के लिए N_A के मान को और भी परिशुद्धता से ज्ञात करना होगा। N_A के मान को इतनी परिशुद्धता से ज्ञात करने का कार्य अन्तर्राष्ट्रीय एवोगैड्रो परियोजना के सदस्यों द्वारा दो दशकों से भी अधिक समय से किया जा रहा है।

क्या हमें एवोगैड्रो स्थिरांक का और भी परिशुद्ध मान ज्ञात करने में सफलता मिली है? यह जानने के लिए पृष्ठ 116 देखें।

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

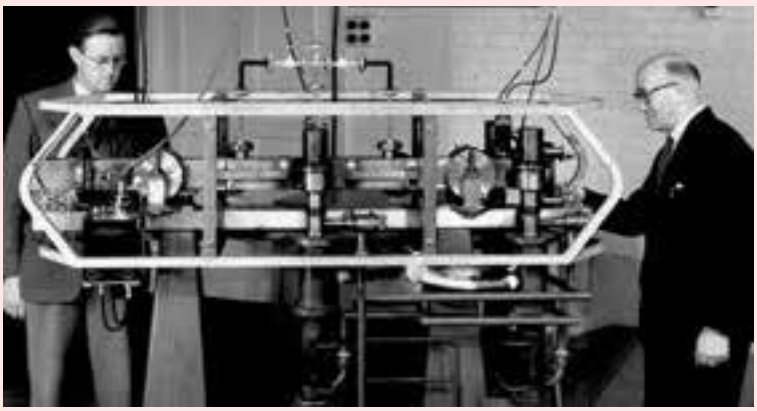
चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

कभी सोचा है - सही समय क्या है?

आजकल हमारी ज़िन्दगी समय के सही मापन पर बहुत अधिक निर्भर है। लेकिन, क्या आपने कभी सोचा है कि समय को सेकंड के कई दशमलव स्थानों तक सटीकता से कैसा नापा जाता है?

प्राचीन तरीक़ों जैसे खगोलीय अवलोकन से लेकर यांत्रिक तरीक़े और क्वार्ट्ज़ क्रिस्टल (स्फ़टिक) पर आधारित मापन से लेकर आज हम समय को परमाणुओं के गुणों की सहायता से मापने तक प्रगति कर चुके हैं। जब किसी परमाणु को किसी उपयुक्त स्रोत से ऊर्जा प्रदान की जाती है तो उस परमाणु के इलेक्ट्रॉन ऊर्जा ग्रहण करके या उत्सर्जित करके ऊर्जा के न्यूनतम और उच्चतम स्तर के बीच एक निश्चित दर से दोलन करते हैं। इस गुण को अनुनादी आवृत्ति (Resonance Frequency) कहते हैं और यह किसी तत्व-विशेष के परमाणुओं के लिए निश्चित होती है। अत: इसका उपयोग समय के सटीक मापन के लिए किया जा सकता है।



ब्रिटेन की राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला में 1955 में विकसित विश्व की पहली सीज़ियम परमाणु आधारित घड़ी। इस घड़ी के साथ लुईस एस्सेन और जेवीएल पेरी खड़े हैं।

Credits: National Physical Laboratory, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomic_Clock-Louis_Essen.jpg. License: CC-BY.

1960 के दशक में अधिकारिक समय मापन के लिए अपनाई सीज़ियम परमाणुओं पर आधारित घड़ी ने दुनिया भर में परिशुद्धता और सटीकता सुनिश्चित की है। सीज़ियम (Cs) आवर्त सारणी में

समूह 1 का तत्व है, और उसके सबसे बाहरी कवच में सिर्फ़ एक ही इलेक्ट्रॉन है। जब सीज़ियम प्रबल सूक्ष्मतरंग विकिरण के सम्पर्क में आता है, तो उसके प्रत्येक परमाणु का यह इलेक्ट्रॉन (जो सबसे बाहरी कवच में है) पहले एक उच्चतर ऊर्जा स्तर पर जा पहुँचता है, फिर वापस अपनी मूल अवस्था में लौट आता है। मूल अवस्था में लौटते वक़्त यह फोटॉन उत्सर्जित करता है। परमाण्विक गुण होने के कारण ऊर्जा के इन स्तरों के बीच दोलन करने की अवधि निश्चित होती है। दूसरे शब्दों में कहें तो हर दोलन की अवधि बराबर होती है। यद्यपि यह अवधि काफ़ी छोटी है - इलेक्ट्रॉन एक सेकंड में 9,192,631,770 चक्र पूरे करता है, जिसे हर्ट्ज़ (Hz) या चक्र प्रति सेकंड में भी व्यक्त किया जाता है। इसी मानक के आधार पर अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक प्रणाली (SI) में एक सेकंड को सीज़ियम -133 परमाणु के दो ऊर्जा स्तरों के बीच संक्रमण के 9,192,631,770 चक्र के तुल्य परिभाषित किया गया है।

अधिकांश देशों ने इस मानक समय पर नज़र बनाए रखने के लिए अपनी-अपनी परमाणु घड़ियाँ स्थापित कर रखी हैं। भारत की मानक घड़ी नई दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला में स्थापित है।

जयालक्ष्मी अय्यर ने यूनिवर्सिटी ऑफ़ शिकागो, अमेरिका से पीएचडी प्राप्त की है। वे गुजरात नर्मदा वैली फर्टिलाइज़र्स एण्ड केमिकल्स कम्पनी लिमिटेड में बतौर वैज्ञानिक कार्य कर चुकी हैं। वे नर्मदा नगर कम्युनिटी साइंस सेंटर के विज्ञान प्रसार एवं सम्प्रेषण से सम्बन्धित क्रियाकलापों के साथ जुड़ी हुई हैं। जया से jayayyer@yahoo.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

एक किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : परमाणु गिनना

दो दशकों से भी अधिक समय से अन्तर्राष्ट्रीय एवोगैड्रो परियोजना के सदस्य एवोगैड्रो स्थिरांक (इसे N_A से दर्शाया जाता है) का और भी परिशुद्ध मान ज्ञात करने के लिए प्रयासरत हैं (जिसमें त्रुटि की गुंजाइश केवल 20 भाग प्रति 100 करोड़ ही हो)। इस परियोजना में INRiM (इटली), PTB (जर्मनी), NIM (चीन), METAS (स्विट्ज़रलैंड), NMIJ (जापान), BIPM (फ्रांस), NIST (यूस) और IRMM (बेल्जियम) के शोधार्थी शामिल हैं।

ये शोधार्थी 94 मिमी के परावर्तक गोलकों/गेंदों का उपयोग करते हैं। ये गोलक ठीक 1 किलोग्राम सिलिकॉन-28 से निर्मित हैं जिसे 99.9995 प्रतिशत तक परिशुद्ध किया गया है। इसकी सहायता से निम्नलिखित मान ज्ञात किए जाते हैं :

1. गोलक की चौड़ाई को एक प्रकाशीय व्यतिकरणमापी (Interferometer) से (नैनोमीटर की परिशुद्धता तक) मापकर प्रत्येक गोलक का आयतन ज्ञात किया जाता है।
2. X-किरण क्रिस्टलोग्राफ़ी तकनीक से एक घनाकार कोष्ठिका (सेल) का आयतन ज्ञात कर गोलक के एक परमाणु का आयतन ज्ञात किया जाता है।

गोलक के आयतन और गोलक के एक परमाणु के आयतन का अनुपात गोलक में मौजूद परमाणुओं की संख्या को दर्शाता है।

जब कि N_A को कार्बन-12 के सन्दर्भ में परिभाषित किया जाता है, वहीं सिलिकॉन में एक विशेष गुण होता है – यह जालक (लैटिस) के रूप में क्रिस्टलाइज़ होता है। इसकी प्रत्येक घनाकर कोष्ठिका में समान आयतन के 8 परमाणु होते हैं। सिलिकॉन का शोधन यह सुनिश्चित करता है कि गोलक में लगभग सारे परमाणु एक ही समस्थानिक के होंगे और वे सब गोलक में बराबर आयतन घेरेंगे। गोलक के सतह की चिकनाहट मापन में होने वाली त्रुटि को कम करती है। माहिर लेंस निर्माता द्वारा तैयार किया गया यह गोलक शायद दुनिया की सबसे गोलाकार वस्तु हो।

शायद यह दुनिया की सबसे गोलाकार वस्तु है।

Credits: National Institute of Standards and Technology, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SiliconSphere-Closeup.png. License: CC-BY.

एवोगैड्रो परियोजना के शोधार्थियों ने एवोगैड्रो स्थिरांक का मान ($N_A = 6.02214076 \times 10^{23}$ मोल $^{-1}$) निर्धारित किया है जिसमें अनिश्चितता मात्र 100 करोड़ में 10 भाग तक है। चूँकि इसे किसी पदार्थ के द्रव्यमान के सन्दर्भ में परिभाषित किया जाता है, इसलिए इस स्थिरांक (एवोगैड्रो स्थिरांक) को ज़्यादा परिशुद्धता से मापकर किलोग्राम को दुबारा परिभाषित किया जा सकता है। एवोगैड्रो स्थिरांक प्लांक स्थिरांक से सम्बन्धित भी है और उस पर निर्भर भी है। परिणामस्वरूप, दुबारा परिभाषित किए गए N_A का उपयोग करके प्लांक स्थिरांक के 4 मान ज्ञात किए गए हैं। इनमें त्रुटि की गुंजाइश 20 भाग प्रति 100 करोड़ थी (+/- 0.000000020)। यह गणना अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति के कुछ मापदण्डों पर ख़री उतरी।

क्या अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति के द्वारा चिन्हित किए गए अन्य मापदण्डों पर हम ख़रे उतरे हैं? जानने के लिए पृष्ठ 121 देखें।

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

साक्षात्कार
बीना डी. बी. के साथ

बीना डी. बी. बेंगलूरु स्थित अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी के स्कूल ऑफ़ आर्ट्स एंड साइंस में स्रोत व्यक्ति के रूप में काम करती हैं। इस साक्षात्कार में वे विज्ञान के क्षेत्र में अपने अनुभव और अन्तर्दृष्टि साझा कर रही हैं।

अपनी वर्तमान ज़िम्मेदारी के बारे में बताइए।

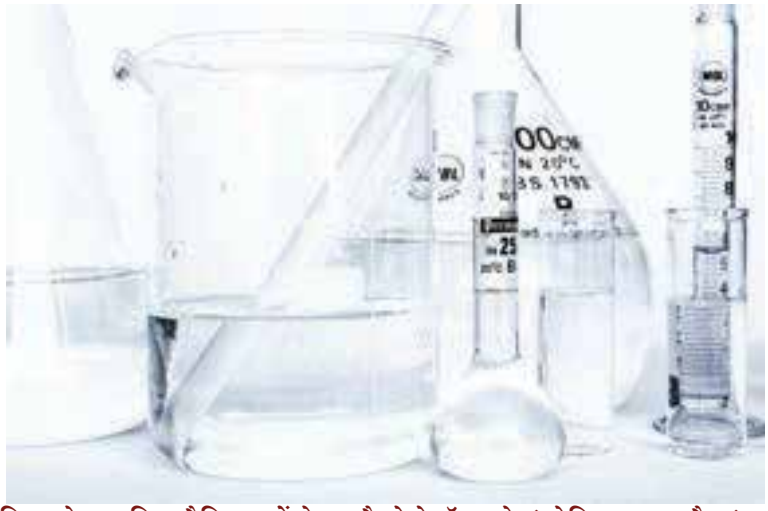
मैं अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी के स्कूल ऑफ़ आर्ट्स एंड साइंस की जीवविज्ञान प्रयोगशाला के साथ स्रोत व्यक्ति के रूप में काम करती हूँ। मैं इस भूमिका में यहाँ प्रयोगशाला का प्रबन्धन, प्रोटोकॉल और उससे जुड़ी प्रक्रियाओं में फेरबदल या मानकीकरण और जीवविज्ञान से सम्बन्धित कार्यक्रमों के प्रयोगों का शिक्षण देने का काम करती हूँ। मैं विद्यार्थियों को सामूहिक प्रोजेक्ट कार्यों में मदद भी करती हूँ।

काम का एक सामान्य दिन किस तरह बीतता है?

जीवविज्ञान कोर्स के प्रयोगों पर काम अकादमिक सत्र शुरू होने से काफ़ी पहले ही शुरू हो जाता है। शिक्षक उन अवधारणाओं की सूची साझा करते हैं जिनके लिए वे प्रयोगशाला गतिविधियाँ तैयार करना चाहते हैं। हम अवधारणाओं पर और सम्भावित प्रयोगों पर चर्चा करते हैं। इसके बाद प्रयोगशाला के मानकीकृत प्रोटोकॉल के लिए

मैं हर प्रोटोकॉल का टेस्ट रन करती हूँ ताकि यह जाँच की जा सके कि वह काम करता है या नहीं। इसमें कई महत्त्वपूर्ण बातों का ख़्याल रखना होता है, जैसे क्या उसे निर्धारित समय में पूरा किया जा सकता है, क्या उसमें समूह कार्य के लिए गुंजाइश है, और क्या उस के लिए ज़रूरी सामग्री आसानी से उपलब्ध है? वग़ैरह।

Credits: Beena D B
License: CC-BY-NC.



मेरी भूमिका से सम्बन्धित नैतिकता में से एक है प्रोटोकॉल को संशोधित करना और संसाधनों के संरक्षण के लिए लागत प्रभावी विकल्पों का उपयोग करना।

ऑनलाइन और ऑफ़लाइन स्रोत सामग्री की तलाश की जाती है। अगले चरण की चर्चा में इन प्रोटोकॉल को देखकर यह तय किया जाता है कि इनमें से कोर्स के लिए कौन-से उचित रहेंगे। हर प्रोटोकॉल का टेस्ट रन करके मैं उसे अलग-अलग कसौटियों पर परखती हूँ। जैसे यह प्रोटोकॉल काम करता है, यह तय समय में पूरा हो पाएगा, इसमें समूह कार्य की गुंजाइश है? (एक समूह में सामान्यतः 2 से 3 विद्यार्थी रहते हैं) इसके लिए ज़रूरी सामग्री आसानी से मिल जाएगी? अग़र ज़रूरत हो तो इसी स्तर पर मैं प्रोटोकॉल में आवश्यकतानुरूप उचित बदलाव करती हूँ। सत्र की शुरुआत से पहले ही मैं यह भी सुनिश्चित करती हूँ कि सेमेस्टर शुरू होने से पहले स्टॉक में सभी ज़रूरी रसायन और उपकरण ठीक मात्रा और संख्या में उपलब्ध हों, और इस्तेमाल के लिए तैयार हों।

आपको इस पेशे की कौन-सी ख़ास बातें आकर्षित करती हैं?

यह मुझे शोध और शिक्षण दोनों से जुड़े रहने का अवसर देता है। मेरा काम मुझे यूनिवर्सिटी के स्नातक स्तर के जीवविज्ञान पाठ्यक्रम के लिए प्रयोगशाला अभ्यास डिज़ाइन करने तथा प्रदर्शन करने की आज़ादी देता है। इसमें जीवविज्ञान, आणविक जीवविज्ञान, आनुवंशिकी, जैव-रसायन से परिचय तथा पादपों को समझना शामिल है। हालाँकि मेरी विशेषज्ञता जैव-टेक्नोलॉजी है, पर यहाँ मुझे पारिस्थितिकी, जन्तु व्यवहार जैसे अन्य क्षेत्रों के बारे में भी सीखने का मौक़ा मिलता है। उदाहरण के लिए मैंने अपने साथियों से सीखा कि प्लेनेरिया की प्रजातियों, हायड्रा, सी. एलेगेंस के कल्चर कैसे शुरू किए जाते हैं और कैसे उनका रख-रखाव किया जाता है। यूनिवर्सिटी में मैंने चींटी और मकड़ी के व्यवहार का अवलोकन किया। शोध से हमेशा ही कोई आविष्कार हो ऐसा ज़रूरी नहीं है। इससे कोई नवाचार भी हो सकता है जिससे आविष्कार में सुधार हो सके, या कोई बदलाव हो जाए। मुझे विद्यार्थियों को पढ़ाने में भी मज़ा आता है। जैसे विद्यार्थियों के सारे सामूहिक प्रोजेक्टों में कोई-न-कोई प्राथमिक लैब गतिविधि/अभ्यास ज़रूर शामिल होता है। हर समूह इन तकनीकों का उपयोग करता है, पर सबके नतीजे उनके प्रोजेक्ट के अनुसार कुछ भिन्न आते हैं। ये अन्तर विद्यार्थियों को रोमांचित तो करते ही हैं, हमें भी कुछ नया देखने को मिलता है और यह पूछने का मौक़ा मिलता है कि *"ऐसा क्यों होता है?"*

आपके पेशे के कुछ महत्त्वपूर्ण नैतिक पहलू?

मेरा यह दृढ़ विश्वास है कि 'हम सब इस क्षमता के साथ पैदा हुए हैं कि किसी के जीवन में बदलाव ला सकें', और संसाधनों का संरक्षण एक ऐसा तरीक़ा है जिससे मैं ऐसा कर सकती हूँ। यही वह आचार संहिता है जो प्रयोगशाला के काम में मेरा मार्गदर्शन करती है। जहाँ तक मुमकिन हो सके मैं प्रोटोकॉल में बदलाव करके कम ख़र्चीले विकल्प इस्तेमाल करती हूँ। इसका मतलब है कि बाज़ार में उपलब्ध महँगे शैक्षणिक किट जिनमें बने-बनाए घोल होते हैं, ख़रीदने की बजाय, हम (मेरे विद्यार्थी और मैं) अपने घोल ख़ुद ही बनाते हैं। इससे न सिर्फ़ बचत होती है, बल्कि प्रत्येक विद्यार्थी को हरेक

यद्यपि मेरी विशेषज्ञता जैव प्रौद्योगिकी में है, लेकिन मैं पारिस्थितिकी और पशु व्यवहार जैसे दूसरे क्षेत्रों से नई अवधारणाएँ और कौशल सीखती रहती हूँ। उदाहरण के लिए मैंने अपने सहयोगियों से सीखा है कि मकड़ियों के व्यवहार का निरीक्षण कैसे करें।

Credits: Prerna Waran. License: CC-BY-NC.

अवलोकन विज्ञान का मूलभूत आधार है, और प्रत्येक व्यक्ति का अवलोकन करने, सोचने और व्याख्या करने का अपना तरीक़ा होता है।

तकनीक का उपयोग करने तथा अनुभव से सीखने के मौक़े मिलते हैं। उदाहरण के लिए बाज़ार में उपलब्ध प्रोटीन आइसोलेशन और जाँच किट की कीमत 7000 रुपए है, और इससे पाँच प्रयोग हो सकते है। इस किट में एक ही कॉलम होता है, जिसका मतलब है कि एक समय में एक ही टेस्ट लगाया जा सकता है। एक टेस्ट को को पूरा करने में चार घण्टे से ज़्यादा समय लगता है। इसलिए इस किट का इस्तेमाल सिर्फ़ बड़े समूह को तकनीक का डेमो देने के लिए ही हो सकता है। मैंने रीएजेण्ट्स के साथ कुछ उठापटक की और कॉलम के लिए विकल्प तलाशा – सिरिंज। मैं मात्र तीन घण्टे की अवधि में वही परिणाम प्राप्त करने में कामयाब हुई। इस संशोधित प्रोटोकॉल से हम लगभग 20 टेस्ट 1000 रुपए से भी कम की क़ीमत पर कर सकते हैं। इसमें हर विद्यार्थी को स्वयं इस प्रयोग का अनुभव करने का मौक़ा मिलता है। इस तरह हुई बचत का उपयोग अन्य विद्यार्थियों की शिक्षा में हो सकता है।

एक और उसूल है जिसे मैं सब विद्यार्थियों में विकसित करना चाहती हूँ। वह है प्रयोगशाला में साफ़-सफ़ाई और सलीक़ा सुनिश्चित करना। मुझे लगता है ये उसूल न ही सिर्फ़ सुरक्षा और प्रयोगों के कामयाब परिणाम हासिल करने के लिहाज़ से ज़रूरी है, बल्कि विद्यार्थियों को समाज के समग्र और उत्पादक सदस्य बनने में मददगार होगा। मैं चाहती हूँ कि विद्यार्थी समझें कि जिस स्थान का उपयोग हम करते हैं उसे अन्य लोगों के लिए साफ़-सुथरा छोड़ना हमारा दायित्व है। सीखने का यह पहलू किताबों की सीमा से बाहर है और जीवन के हर पक्ष को प्रभावित करता है। पर इस आचरण को विकसित करना एक बड़ी चुनौती है। अकसर विद्यार्थी काम ख़त्म होने के बाद यह नहीं देखते कि वे कितना पसारा छोड़कर जा रहे हैं। समूह में काम के बाद एक आम बहाना होता है, "ये सामान तो मेरा है ही नहीं।" मैं किसी को प्रयोगशाला से जाने की इजाज़त तब तक नहीं देती जब तक कि पूरी जगह साफ़ न हो। साफ़ होने से आशय है कि सब सामग्री यथोचित जमाई गई हो, सभी बेंच साफ़ और सूखे हों। मैं चाहूँगी कि हर एक चीज़ जो विद्यार्थियों को प्रयोग-सत्र के आरम्भ में दी गई थी, वे सब अपनी जगह पर लगा दी जाएँ। कुछ विद्यार्थी तो जल्द ही इसके अभ्यस्त हो जाते हैं, पर अधिकतर विद्यार्थियों को निर्देश देना होता है।

आपने कब तय किया कि आप विज्ञान में अपना करियर बनाएँगी? और क्यों?

सच कहूँ तो यह एक तरह से मेरा निर्णय नहीं था। उस दौर में ऐसा माना जाता था कि 'होशियार विद्यार्थी' (यानी अच्छे अंक प्राप्त करने वाले विद्यार्थी) के लिए तो 'विज्ञान' ही उचित चुनाव है। मैंने ख़ुद कॉलेज-पूर्व स्तर पर वाणिज्य में दाखिले के लिए आवेदन किया था, पर कॉलेज प्रधानाचार्य ने मेरे आवेदन पत्र में इसे बदलकर 'विज्ञान' कर दिया। वे बोले, "तुम विज्ञान पढ़ने के योग्य हो।" और हुआ भी कुछ यूँ कि जीवविज्ञान मेरा प्रिय विषय बन गया।

स्नातकोत्तर उपाधि के अन्तिम वर्ष में हमें एक स्वतंत्र प्रोजेक्ट करना होता है। यही मेरा शोध का पहला अनुभव था। मुझे इण्डो अमेरिकन हाइब्रिड सीड्स, बेंगलूरु में जीन ट्रांसफर से सम्बन्धित एक प्रोजेक्ट से जुड़ने का मौक़ा मिला। इसी अनुभव ने मुझे जीवविज्ञान में शोध के लिए प्रोत्साहित किया।

स्कूली स्तर पर विज्ञान शिक्षण के बारे में आपकी क्या राय है?

मैं मानती हूँ कि तकनीकी विकास के चलते विज्ञान पढ़ाने के आजकल के तरीक़े पहले के तरीक़ों से काफ़ी अलग हैं। फिर भी सुधार की काफ़ी गुंजाइश है। मिसाल के तौर पर, कितने शिक्षक अभी भी मानक योग्यता स्तर से नीचे हैं, जिनमें पढ़ाने की प्रेरणा न के बराबर है, शिक्षक अपने विषय छोड़कर अन्य विषय पढ़ाने को मजबूर हैं, न्यूनतम संसाधनों का भी अभाव है, ऐसी कई ढाँचागत समस्याएँ हैं। इनमें से कई सबसे महत्त्वपूर्ण मुद्दों का हल तो सेवा पूर्व प्रशिक्षण को और पुख़्ता करके और सेवा

जब यह लगता हो कि किसी विद्यार्थी ने प्रयोग में चूक की है, तब भी यह कहने की बजाय कि परिणाम ग़लत है, विद्यार्थी से सवाल करना ज़रूरी है कि परिणाम अलग आने के पीछे क्या कारण हो सकते हैं।

Credits: Anagha Menon. License: CC-BY-NC.

काल में ज़रूरी होने पर शिक्षकों को अपने कौशल बढ़ाने के मौक़े देकर किया जा सकता है।

आपकी राय में विज्ञान के प्रति रुचि बढ़ाने के लिए शिक्षक क्या कर सकते हैं?

विज्ञान के मूल में है अवलोकन और हर व्यक्ति का अवलोकन करने का, सोचने का और व्याख्या का अपना तरीक़ा होता है। हर अवलोकन अध्ययन का मार्ग प्रशस्त करता है। इसलिए विज्ञान में कोई परिणाम धनात्मक या ऋणात्मक नहीं होते। इस समझ को विकसित करने के लिए शिक्षकों और विद्यार्थियों दोनों के लिए ज़रूरी है कि एक विशेष परिणाम की अपेक्षा न करते हुए वे इस बारे में चिन्तन करें कि जो भी परिणाम मिले उसके पीछे का कारण क्या है। जब यह लगता हो कि किसी विद्यार्थी ने प्रयोग में चूक की है, तब भी यह कहने की बजाय कि परिणाम ग़लत है, विद्यार्थी से सवाल

विद्यार्थियों से पूछिए कि वे बोतल के अन्दर पौधा कैसे उगाएँगे। पौधे को पोषण और ऑक्सीजन कहाँ से मिलेगी? पौधे के कौन-से हिस्से में मेरिस्मेटिक टिश्यू पाए जाने की सम्भावना है?

शायद विद्यार्थियों में यह नज़रिया बनाना भी ज़रूरी है कि 'कोई परिवर्तन नहीं' जैसा अवलोकन भी वैध निष्कर्ष है, और 'कुछ नहीं हुआ' जैसे अवलोकन भी एक वैध मॉडल की बुनियाद बन सकते हैं।

करना ज़रूरी है कि परिणाम अलग आने के पीछे कारण क्या हो सकते हैं। इससे उनमें जिज्ञासा तो बढ़ेगी ही, साथ ही तार्किकता और आत्मविश्वास का भी विकास होगा। मिसाल के तौर पर, यह जानी-मानी बात है कि एमायलेज़ एंजाइम 37°C पर सबसे सक्रिय रहता है, और -20°C पर निष्क्रिय हो जाता है। फ़र्ज़ कीजिए कि कुछ विद्यार्थी बताते हैं कि उनके प्रयोग में यह एंजाइम -20°C पर भी सक्रिय रहा। तो उन विद्यार्थियों से कहिए कि इसके बारे में सोचें और कारणों पर चर्चा करें। तब उनको प्रयोग दोहराकर अपने पिछले ग़लत अवलोकन के कारण जाँचने के लिए प्रोत्साहित करें। इस तरीक़े से विद्यार्थियों को अपनी ग़लतियाँ समझने में मदद मिलेगी और वह-20°C पर एमायलेज़ की सक्रियता को प्रभावित करने वाले कारकों का बेहतर मॉडल तैयार कर पाएँगे।

हम जो कुछ पढ़ाते हैं, जब विद्यार्थियों को वह अस्पष्ट या अप्रासंगिक लगता है तो उनमें से कई की विज्ञान में रुचि समाप्त हो जाती है। स्कूली स्तर पर विज्ञान शिक्षण के लिए सबसे महत्त्वपूर्ण बात है विद्यार्थियों की रुचि बनी रहे। स्वाभाविक जिज्ञासा जगाना, विज्ञान को रोज़मर्रा की गतिविधियों से जोड़ना, कुछ मज़ेदार, खुद किए जाने वाले प्रयोगों को करना और विद्यार्थियों को नई-नई अवधारणाओं व अवसरों से जोड़ना मददगार हो सकता है। मिसाल के लिए विद्यार्थियों से पूछिए कि वे बोतल के अन्दर पौधा कैसे उगाएँगे। पौधे को पोषण और ऑक्सीजन कहाँ से मिलेगी? पौधे के कौन-से हिस्से में प्रविभाजी ऊतक (meristematic tissues) पाए जाने की सम्भावना है? यह तरीक़ा तब ख़ासतौर पर कारगर है जब अवधारणा इतनी अमूर्त हो कि विद्यार्थी उसे आँखों से न देख पाएँ। मिसाल के लिए गुणसूत्र और DNA से पहली बार परिचय कक्षा-8 में करवाया जाता है। लेकिन उनके लिए यह कल्पना करना मुश्किल होता है कि DNA कैसा दिखता होगा। इसे कुछ सरल प्रयोगों की मदद से किया जा सकता है जिनमें ऊतकों में से घर पर उपलब्ध कुछ रसायनों की मदद से DNA पृथक किया जाता है। इससे विद्यार्थी न सिर्फ DNA को 'आँखों से देखने' का मज़ा ले पाएँगे, बल्कि इसके बारे में और अधिक जानने की उनकी जिज्ञासा भी प्रबल होगी।

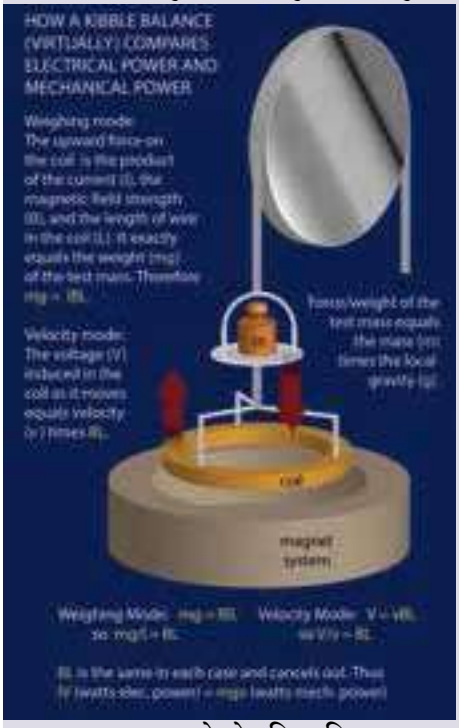
अनुवाद : पंखुरी अरोरा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कापी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : विद्युत किलोग्राम

1999 में यूएस के नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ़ स्टैण्डर्ड्स एण्ड टेक्नोलॉजी (NIST) के वैज्ञानिकों के एक समूह ने प्लांक स्थिरांक का कोई निश्चित मान निर्धारित करने के लिए किबल तुला के उपयोग का अन्वेषण आरम्भ किया। एक ऐसा मान जो इतना परिशुद्ध हो कि उसका उपयोग किलोग्राम को पुन: परिभाषित करने में किया जा सके।

किबल तुला (या NIST-4 वाट) पैमानों का एक अति संवेदनशील और जटिल समुच्चय है जो अत्यन्त परिशुद्धता से किसी द्रव्यमान का विद्युती माप ज्ञात करता है। यह दो रीतियों से काम करता है — तौल (या बल) रीति और वेग (मापन) रीति।

- **तौल रीति :** किसी द्रव्य पर आरोपित बल को ज्ञात करने के लिए इसका प्रयोग किया जाता है। यह मान किबल तुला में किसी तार की कुण्डली द्वारा इस बल को सन्तुलित करने हेतु उत्पन्न विद्युत धारा के सन्दर्भ में होता है।



द्रव्यमान ज्ञात करने के लिए किबल तुला विद्युत ऊर्जा और यांत्रिक ऊर्जा के बीच तुल्यता स्थापित करता है।

Credits: Adapted from National Institute of Standards and Technology. URL: https://www.nist.gov/siredefinition/kilogram-kibble-balance. License: CC-BY.

- **वेग रीति :** इसका प्रयोग तार की कुण्डली का वेग और यह ज्ञात करने के लिए होता है कि जब द्रव्यमान को हटा दिया जाता है और तार की कुण्डली एक एकरूप चुम्बकीय क्षेत्र से गुज़रती है तो कितनी वोल्टता उत्पन्न होती है।

तौल रीति में यांत्रिक ऊर्जा की वेग रीति में विद्युत ऊर्जा के साथ तुल्यता स्थापित करके द्रव्यमान मापा जाता है।

यह विभिन्न मापक प्लांक स्थिरांक के परिशुद्ध मान ज्ञात करने में कैसे सहायक होते हैं? तौल रीति की किबल तुला में तार की कुण्डली जो विद्युत धारा उत्पन्न करती है, उसे एक भौतिक स्थिरांक वॉन लिटज़िंग स्थिरांक के रूप में मापा जाता है।

वेग रीति की किबल तुला में तार की कुण्डली जो वोल्टता उत्पन्न करती है, उसे एक दूसरे भौतिक स्थिरांक जोसेफ़सन स्थिरांक के रूप में मापा जाता है। इन दोनों स्थिरांकों- (लिटज़िंग स्थिरांक और जोसेफ़सन स्थिरांक) को प्लांक स्थिरांक (और, एक इलेक्ट्रॉन के आवेश) के सन्दर्भ में परिभाषित किया जाता है। इसलिए, किबल तुला में मानक एक किलोग्राम द्वारा उत्पादित विद्युत धारा और वोल्टता के मान को परिशुद्धता से ज्ञात करना प्लांक स्थिरांक के अत्यन्त परिशुद्ध मान को ज्ञात करने में सहायक हो सकता है।

V और I को किस प्रकार प्लांक स्थिरांक के रूप में निरूपित किया जाता है, इसकी जानकारी विस्तृत रूप से यहाँ देखी जा सकती है – https://www.youtube.com/watch?v=0o0jm1PPRuo।

एस श्लामिंगर के नेतृत्व में NIST के 7 शोधार्थियों के एक समूह ने प्लांक स्थिरांक ज्ञात करने के लिए इस तकनीक का उपयोग किया। इस माप में अनिश्चितता का स्तर 13 भाग प्रति 100 करोड़ था। तत्पश्चात, इस तुला का उपयोग तीन अन्य माप को ज्ञात करने में किया जा चुका है, जो अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति द्वारा निर्धारित किए गए मापदण्डों पर काफ़ी हद तक ख़रे उतरे हैं। इनमें से एक माप की त्रुटि की गुंजाइश 9.1 भाग प्रति 100 करोड़ तक है।

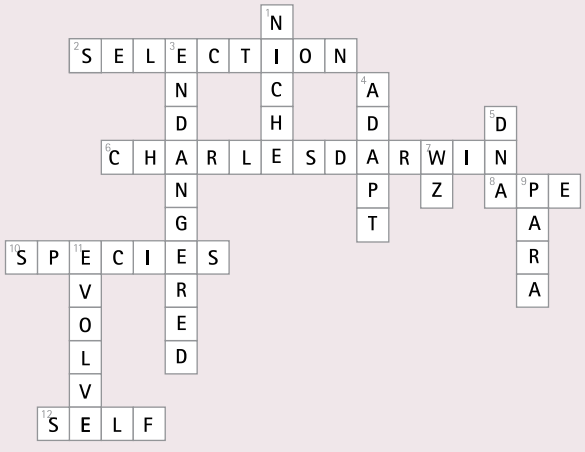
तो किलोग्राम को कब पुन: परिभाषित किया जाएगा? यह जानने के लिए पृष्ठ 122 देखें।

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

EVOLUTION CROSSWORD – ANSWER KEY



किलोग्राम का सटीक द्रव्यमान : नया किलोग्राम

2011 में, अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति ने किलोग्राम के अन्तर्राष्ट्रीय प्रतिरूप (IPK) को अन्तर्राष्ट्रीय मानक (SI) के मात्रक के रूप में पुन: परिभाषित करने के लिए प्लांक स्थिरांक को उपयोग करने का अभियान आरम्भ किया। दुनिया भर के वैज्ञानिकों को इस स्थिरांक से सम्बन्धित अपने सबसे सटीक माप को समिति के समक्ष 1 जुलाई 2017 तक प्रस्तुत करना था।

चार माप एवोगैड्रो परियोजना के सिलिकॉन गोलक से और चार माप किबल तुला से प्राप्त हुए। इसने यह दर्शाया कि एवोगैड्रो गोलक और किबल तुला प्लांक स्थिरांक के परिशुद्ध और विश्वसनीय मान को बारम्बार ज्ञात करने में सक्षम हैं।

एक अन्तर्राष्ट्रीय कार्य बल जिसे विज्ञान और तकनीक की डेटा समिति (CODATA) मूलभूत स्थिरांक कार्य बल (TGFC) के नाम से जाना जाता है, ने एक जटिल कम्प्यूटर प्रोग्राम का उपयोग कर प्लांक स्थिरांक ($h = 6.626070150 \times 10^{-34}$ kg m^2/s) का मान निर्धारित किया। 21 अक्टूबर 2011 को माप-तौल के महासम्मेलन ने किलोग्राम को प्लांक स्थिरांक के सन्दर्भ में परिभाषित करने हेतु प्रस्ताव पारित किया। 20 मई 2019 को 'मीटर सम्मेलन' की 144वीं जयन्ती के उपलक्ष्य में यह परिभाषा प्रभाव में आई।

'मीटर सम्मेलन' एक सन्धि है जिसके तहत अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल समिति के पर्यवेक्षण में अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल ब्यूरो (BIMP) की स्थापना हुई थी। अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल ब्यूरो (BIMP) दुनिया भर में मापन में तालमेल बनाए रखने के लिए प्रतिबद्ध है।

किलोग्राम को दुबारा परिभाषित करने का कार्य पूर्ण होने से काफ़ी दूर है। अब तक इस कार्य को करने के लिए काफ़ी महँगे व परिष्कृत उपकरणों का इस्तेमाल नियंत्रित वातावरण (जैसे निर्वात) में किया गया है। हमारे दैनिक जीवन समेत किलोग्राम के काफ़ी उपयोग ऐसे हैं, जहाँ द्रव्यमान के भौतिक मानक को हवा में उपयोग करना होता है। इसका मतलब यह हुआ कि नए किलोग्राम से टमाटर तौलने का काम हम तब तक नहीं कर पाएँगे जब तक कि किबल तुला के मानों को विश्वसनीय और उचित तरीक़े से भौतिक मानकों के तुल्य न कर पाएँ।

फ़िलहाल, किलोग्राम (जो दैनिक जीवन में उपयोग किया जाता है) को प्लांक स्थिरांक (जो क्वान्टम स्तर पर द्रव्यमान से सम्बन्धित है) से जोड़ पाना ही एक असाधारण उपलब्धि है। इसका आशय है कि 1 किलोग्राम का मान सिर्फ़ पृथ्वी के ही किसी हिस्से पर नहीं, अपितु इस ब्रह्माण्ड के किसी भी कोने में जस का तस रहेगा।

सिद्धार्थ सेतलूर कक्षा बारहवीं के विद्यार्थी हैं और एक ग़ैर-लाभकारी 'पियर-टू-पियर लर्निंग' प्लेटफॉर्म (www.vlearn.xyz) के संस्थापक हैं। सिद्धार्थ का लक्ष्य सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्र और गणित के क्षेत्र में अकादमिक कैरियर बनाना है। सिद्धार्थ से siddharth.setlur@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

चित्रा रवि अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में कार्यरत हैं।

अनुवाद : कुमार गन्धर्व मिश्रा **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

अदृश्य का दर्शन
ब्लैक होल की तस्वीर

राजाराम नित्यानन्द

वर्ष 2019 के अप्रैल की शुरुआत में अख़बार एवं ऑनलाइन वेबसाइटें इस ख़बर को लेकर जोश में थे कि खगोलविज्ञानी एक ब्लैक होल की पहली तस्वीर हासिल करने में सफल हुए हैं। यह ब्लैक होल M87 नामक एक सुदूर निहारिका में स्थित है। आख़िर, इस एक फोटो ने इतनी हलचल क्यों पैदा कर दी?

अप्रैल 2019 में पहली बार, खगोलविज्ञानी ब्लैक होल की एक तस्वीर हासिल करने में सफल हुए (देखें **चित्र-1**)। यह ब्लैक होल M87 (देखें **बॉक्स-1**) नामक एक सुदूर निहारिका के केन्द्र में स्थित है।

M87 के केन्द्र के आस-पड़ोस में तेज़ी से घूम रहे तारों एवं गैसों के वेग के मापन के आधार पर इस ब्लैक होल का द्रव्यमान, हमारे सूर्य के द्रव्यमान से कई अरब गुना अधिक आकलित किया गया है। इसी प्रकार, इस ब्लैक होल का आकार अरबों किलोमीटर आकलित किया गया है, जो हमारे सौर-मण्डल से भी अधिक है (देखें **बॉक्स-2**)। लेकिन चूँकि यह हमसे बहुत अधिक दूर स्थित है, इसलिए इसकी अपेक्षित फोटो का कोणीय आकार बहुत कम है – एक डिग्री का 100 मिलियन-वाँ भाग (यानी 10^{-8} डिग्री)। इसके बावजूद खगोलविदों ने फोटो खींचने के लिए इस ब्लैक होल का चयन किया क्योंकि हमारी अब तक की जानकारी के मुताबिक़ किसी ब्लैक होल द्वारा पृथ्वी पर बनने वाला यह सबसे बड़ा कोण है।

ब्लैक होल की अवधारणा

यह कहानी लगभग 200 वर्ष पहले शुरू होती है। 1783 में एक अँग्रेज़ पादरी जॉन मिशेल ने

बॉक्स-1 : M87

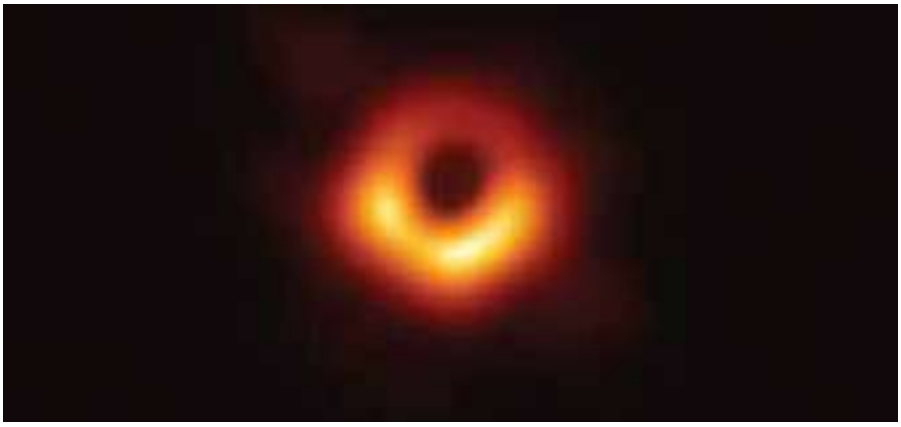
निहारिका मेसियर (Messier) 87 का संक्षिप्त नाम है M87। इसे यह नाम एक खगोलीय सूची (नेबुला एवं स्टार-क्लस्टर की सूची) में इसके क्रमांक से मिलता है। इस सूची को सर्वप्रथम 1771 में फ्रांसीसी खगोलविज्ञानी चार्ल्स मेसियर (Charles Messier) द्वारा प्रकाशित किया गया था। इस सूची में 110 नेबुला एवं स्टार-क्लस्टर को सूचीबद्ध किया गया था। तब से इन्हें मेसियर पिण्ड (Messier Objects) कहा जाता है। जब गैलीलियो ने अपने टेलीस्कोप से आकाशगंगा को देखा तो वे तारों को अलग-अलग देखने में सफल हुए। धीरे-धीरे हमें इस बात का पता चला कि हम एक निहारिका (करीब 100 अरब तारों का संग्रह) में रहते हैं।

खगोलविज्ञानियों को यह समझने में करीब 300 साल लग गए कि आकाश में नज़र आने वाले कई सारे धुँधले पिण्ड अन्य निहारिकाएँ हैं (जो हमारी निहारिका आकाशगंगा के बाहर हैं) एवं वे भी कई तारों से मिलकर बनी हैं। इस धारणा के शुरुआती समर्थकों में एक थे अमेरिकी खगोलविज्ञानी हेबर कर्टिस। बाद में वह सही साबित हुए जब एडविन हबल हमारी पड़ोस की एक निहारिका एण्ड्रोमेडा में तारों को अलग-अलग देख पाने में सफल हुए।

1918 में कर्टिस ने एक असामान्य, तीव्र प्रकाश युक्त रेखीय वस्तु की फोटो खींची जो M87 के केन्द्र के एक तरफ़ से बाहर आ रही थी। बाद में उसे 'जेट' (jet) नाम दिया गया जिससे प्रतीत होता है कि वह केन्द्र से कुछ द्रव्य एवं ऊर्जा का बाहर की ओर प्रवाह है। लेकिन इसकी प्रकृति 50 सालों तक एक रहस्य बनी रही।

M87 जेट : हबल स्पेस टेलिस्कोप से ली गई एक आधुनिक तस्वीर।

Credits: NASA Hubble Space Telescope, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/nasahubble/27305559127. License: CC-BY.



चित्र-1 : निहारिका M87 के केन्द्र में उपस्थित 'ब्लैक होल' की तस्वीर। पृथ्वी पर अलग-अलग जगह स्थापित डिश (एण्टिना) पर प्राप्त रेडियो तरंगों को एक साथ मिलाकर इस तस्वीर को बनाया गया।

Credits: Provided by Event Horizon Telescope (https://www.eso.org/public/images/eso1907a/) and uploaded by BevinKacon, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_hole_-_Messier_87_crop_max_res.jpg. License: Public Domain.

एक ऐसे पिण्ड की कल्पना की थी जिससे प्रकाश भी पलायन नहीं कर सकता। आज जिसे हम ब्लैक होल कहते हैं, उसका एक और शुरुआती सुझाव फ्रांसीसी वैज्ञानिक पियरे-साइमन लाप्लेस द्वारा 1799 में लिखे गए लेखों में मिलता है। मिशेल एवं लाप्लेस दोनों की गणनाएँ पलायन वेग की अवधारणा पर आधारित थीं (देखें **बॉक्स-3**)।

ब्लैक होल की एक अधिक समग्र व्याख्या हमें स्थान एवं समय की वक्रीय ज्यामिति पर आधारित आइंस्टाइन के सामान्य सापेक्षता सिद्धान्त (General Theory of Relativity, संक्षेप में GTR) से 1915 में प्राप्त होती है। चूँकि इसका गणित काफ़ी अपरिचित था, इसलिए भौतिकी एवं खगोल समुदाय को इस बात पर सहमति बनाने में लगभग चार दशक लग गए कि इस सिद्धान्त का उपयोग ब्लैक होल को समझने

बॉक्स-2 : महाविशाल ब्लैक होल

इतने बड़े आकार के ब्लैक होल के अस्तित्व का सन्देह सबसे पहले बीसवीं शताब्दी के मध्य में हुआ था। M87 जैसी निहारिकाओं से पृथ्वी पर पहुँचने वाले रेडियो एवं अन्य विद्युत-चुम्बकीय विकिरण की व्याख्या करने के कई असफल प्रयासों के पश्चात, इस ऊर्जा आउटपुट की एक क्रियाविधि को आमतौर पर स्वीकार कर लिया गया। गर्म गैसों की अत्यधिक तीव्र चुम्बकीय क्षेत्र वाली तश्तरी, जो निहारिका के केन्द्र में स्थित किसी अतिविशाल ब्लैक होल की परिक्रमा कर रही हो, को अब इस प्रकार के विकिरण का प्राथमिक स्रोत माना जाता है।

बॉक्स-3 : पलायन वेग एवं ब्लैक होल की अवधारणा

किसी वस्तु को एक भारी पिण्ड के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से पूर्णतः बाहर निकलने के लिए (ताकि वापिस उस पिण्ड पर न गिरे) आवश्यक न्यूनतम वेग को पलायन वेग कहते हैं। न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्त दर्शाता है कि पलायन वेग का वर्ग पिण्ड के द्रव्यमान के समानुपाती एवं पिण्ड की त्रिज्या के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यदि हम M द्रव्यमान के किसी पिण्ड पर विचार करें, जिसकी त्रिज्या R एवं पलायन वेग प्रकाश के वेग (c) के बराबर है, तब:

$$R = (2\ G\ M) / c^2$$

यहाँ G न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम का नियतांक है, जो दो द्रव्यमानों के बीच कार्यरत बल को उनके बीच की दूरी के पदों में व्यक्त करता है:

$$F = (G\ M_1\ M_2) / R^2$$

यदि हम उपरोक्त व्यंजक में G, प्रकाश की गति एवं सूर्य के द्रव्यमान के मानों को प्रतिस्थापित करते हैं तो हमें सूर्य की त्रिज्या R का मान 3 किमी मिलता है। इसका मतलब हुआ कि यदि हम सूर्य के सम्पूर्ण द्रव्यमान को 3 किमी त्रिज्या के एक गोले में पैक कर दें, तो सूर्य प्रकाश को कैद करने में सक्षम हो जाएगा। वर्तमान में सूर्य की वास्तविक त्रिज्या लगभग 7,00,000 किलोमीटर है, इसलिए आज की परिस्थितियों में सूर्य द्वारा प्रकाश को कैद करने का कोई ख़तरा नहीं है!

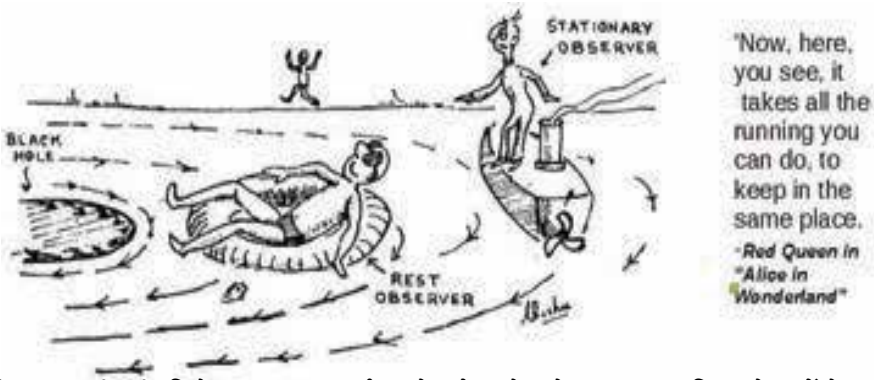
में किया जा सकता है। GTR, ब्लैक होल की गोलाकार सतह का वर्णन एक प्रकाश तरंग के रूप में करता है जो गुरुत्वाकर्षण के कारण बाहर की ओर नहीं जा सकती।

क्या यह बात आइंस्टाइन द्वारा 1905 में प्रतिपादित विशेष सापेक्षता सिद्धान्त के विरोध में है, जिसके अनुसार सभी प्रेक्षकों के लिए प्रकाश का वेग समान (c=3,00,000 किमी/से) होता है? चूँकि ब्लैक होल की सतह का प्रतिनिधित्व करने वाला गोलाकार तरंगाग्र स्थिर अवस्था में केवल तभी प्रतीत होता है जब उसको बहुत दूर से देखा जाता है, इसलिए इस विरोधाभास का समाधान आसानी से किया जा सकता है (देखें **बॉक्स-4**)। ब्लैक होल की सतह पर खड़ी एक प्रेक्षक को प्रकाश, प्रकाश के वेग से बाहर जाता हुआ नज़र आएगा, क्योंकि वह उस सतह पर स्थिर खड़ी नहीं रह सकती – वह तो ब्लैक होल के अन्दर गिर रही है! इस तरंगाग्र को **घटना-क्षितिज** (Event Horizon) कहते हैं। यदि कोई घटना इस सतह के अन्दर घटित होती है तो कोई भी सन्देश या प्रकाश इसके बाहर नहीं जा सकता। इस सतह के बाहर खड़े किसी प्रेक्षक के लिए यह सतह एक क्षितिज की तरह होती है – हम क्षितिज के पार नहीं देख सकते। यही कारण था कि ब्लैक होल की फोटो पर काम करने वाले वैज्ञानिकों ने अपनी संयुक्त परियोजना को **इवेण्ट होराइज़न टेलिस्कोप** (EHT) नाम दिया।

आज खगोलविज्ञानी मानते हैं कि ब्लैक होल किसी अतिवज़नी तारे (हमारे सूर्य से 20 गुना या अधिक भारी) की अन्तिम अवस्था होती है। इस धारणा के अनुसार, ऊर्जा का स्रोत समाप्त हो जाने पर अतिवज़नी तारे अपने गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में सिकुड़कर आकार में बहुत छोटे हो जाते हैं। अत्यधिक द्रव्यमान एवं बहुत छोटा आकार होने के कारण उनकी सतह पर गुरुत्वाकर्षण बल इतना प्रबल हो जाता है कि प्रकाश भी पलायन नहीं कर सकता। इन अनुमानों को 2016 में वैधता तब मिली, जब LIGO (Laser Interferometer Gravitational –Wave Observatory) वेधशालाओं ने दो ब्लैक होल्स की तरंगों को 'सुना', जो दोनों हमारे सूर्य से 30-30 गुना भारी थे।

बॉक्स-4 : तरंगाग्र की कल्पना

एक उपमा के तौर पर, तरंगाग्र एक ऐसे व्यक्ति की तरह होती है जो नीचे की ओर जा रही स्वचालित सीढ़ियों पर ऊपर की ओर दौड़ रहा है। सीढ़ियों के नीचे आने की चाल एवं व्यक्ति के ऊपर जाने की चाल बराबर है। ऊपर से देखने पर वह एक जगह पर स्थिर नज़र आएगा, लेकिन सीढ़ियों पर खड़े होकर नीचे जा रहे किसी व्यक्ति के हिसाब से वह बाहर की ओर जाता हुआ प्रतीत होगा!



चित्र-2. : सी. वी. विश्वेश्वर का एक कार्टून, जो ब्लैक होल के आस-पास स्थित प्रेक्षकों के व्यवहार को प्रदर्शित करता है, और *'एलिस इन वण्डरलैण्ड'* के साथ समरूपता दर्शाता है।

Credits: This image is derived from C. V. Vishweshwara's article "Black Holes for Bedtime" in the volume "Gravitation, Quanta and the Universe; proceedings of the Einstein Centenary Symposium held on 29th January–3rd February, 1979, in Ahmedabad, India." Edited by A. R. Prasanna, J. V. Narlikar, and C. V. Vishveshwara. A Halsted Press Book, published by John Wiley& Sons, New York, 1980, p154-167. Image reproduced here courtesy Prof. Sarawathi Visweshwara.

M87 जैसी निहारिकाओं के केन्द्र में उपस्थित ब्लैक होल्स के बारे में पता है कि वे घूर्णन करते हैं। कारण यह है कि ब्लैक होल ऐसे गैस या तारों के संग्रहण द्वारा निर्मित हुए हैं जो ब्लैक होल में समाने से पहले उसके चारों ओर घूम रहे थे। इसे समझने के लिए इस प्रकार सोचिए कि ब्लैक होल स्थान एवं समय को इस प्रकार खींच रहा है जैसे कोई झरना तैरती हुई वस्तुओं को खींचता है। अगर हम एक घूर्णनशील ब्लैक होल के चारों ओर उपस्थित स्थान-समय को एक तरल की तरह मानें, तो वह न केवल ब्लैक होल के अन्दर खिंचा चला जा रहा है, बल्कि मथा भी जा रहा है। अन्दर की तरफ़ आ रहा कोई कण, या प्रकाश किरण भी घूर्णन की दिशा में घूमने लगती है। इस बात को सी.वी. विश्वेश्वर ने एक कार्टून में अच्छे से व्यक्त किया है; सी.वी. विश्वेश्वर GTR के क्षेत्र के एक जाने-माने वैज्ञानिक हैं जिन्होंने बेंगलूरु प्लैनेटेरियम स्थापित करने में मुख्य भूमिका निभाई थी (देखें **चित्र-2**)।

M87 से रेडियो तरंगें

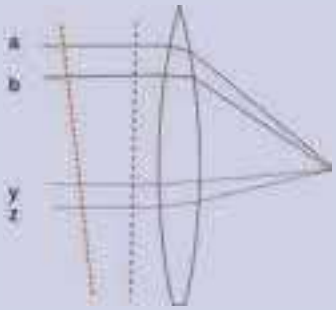
जिन ऑस्ट्रेलियाई, ब्रिटिश एवं अमेरिकी वैज्ञानिकों ने द्वितीय विश्व युद्ध के दौरान रडार तकनीक पर काम किया था, युद्ध के बाद उन्होंने अपना ध्यान खगोलीय पिण्डों से आने वाली रेडियो तरंगों के अध्ययन पर केन्द्रित किया। यह ब्रह्माण्ड की खोज-बीन करने में दृश्य प्रकाश का उपयोग करने से अधिक चुनौतीपूर्ण था। रेडियो तरंगों का सबसे ज़्यादा प्रतिकूल गुण उनका बड़ा तरंग दैर्ध्य (सेंटीमीटर या मीटर में) था जो दृश्य प्रकाश (तरंग दैर्ध्य लगभग आधा माइक्रोमीटर) से काफ़ी अधिक है। इस वजह से रेडियो तरंगों के स्रोत की लोकेशन एवं बारीकियों का ठीक-ठीक पता लगा पाना सम्भव नहीं था, और न ही इस बात का कोई सुराग़ होता था कि स्रोत कितनी दूर स्थित है।

फिर भी इस विधि का उपयोग कई महत्त्वपूर्ण खोजें करने में किया गया। उदाहरण के लिए, 1948 में सिडनी में काम कर रहे दो वैज्ञानिकों – जॉन बॉल्टन एवं गॉर्डन स्टैनली – ने कन्या (Virgo) तारामण्डल में रेडियो तरंगों के एक प्रबल स्रोत की खोज की। उन्होंने एक आज़माइशी प्रस्ताव दिया कि यह स्रोत वही निहारिका है जिसे आज M87 के नाम से जाना जाता है; तब उस स्रोत को

बॉक्स-5 : इण्टरफेरोमिट्री

एक से अधिक स्रोतों, या वलय सरीके किसी जटिल स्रोत की पूरी तस्वीर प्राप्त करने के लिए हमें कई रेडियो टेलिस्कोपों से आँकड़े प्राप्त करने की ज़रूरत पड़ती है। रेडियो टेलिस्कोपों की ऐसी व्यवस्थाओं की विभेदन क्षमता, रेडियो तरंगों (या प्रकाश, या विद्युत-चुम्बकीय विकिरण के किसी अन्य स्वरूप) के दो स्रोतों के बीच एक न्यूनतम कोण θ_{min} द्वारा परिभाषित की जाती है; यानी यदि स्रोतों के बीच अलगाव, इस कोण जितना या अधिक है तो हमारा उपकरण दोनों स्रोतों को अलग-अलग पहचान सकता है, लेकिन यदि अलगाव इस कोण से कम है तब इस उपकरण द्वारा हमें एक धुँधली तस्वीर प्राप्त होगी।

यदि कोण को रेडियन में व्यक्त किया जाए तो θ_{min} का सूत्र अपेक्षाकृत सरल हो जाता है (याद कीजिए : 1 रेडियन = इकाई त्रिज्या के वृत्त के केन्द्र पर इकाई लम्बाई के चाप द्वारा आपतित कोण ~ 57.3 डिग्री)। चूँकि अत्यधिक छोटे कोणों के लिए चाप एवं जीवा बराबर होते हैं, इसलिए कोण का मान प्राप्त करने के लिए हम पिण्ड के आकार में उसकी दूरी का भाग दे सकते हैं। उदाहरण के लिए भुजा की दूरी (लगभग 60 सेमी) पर स्थित किसी वयस्क की अँगुली (मोटाई 2 सेमी) 2/60=1/30 रेडियन या 2 डिग्री का कोण बनाएगी। अत: यदि कोई टेलिस्कोप तरंग दैर्ध्य λ का उपयोग करता है और उसका आकार D है तो उसका $\theta_{min} \approx \lambda/D$ रेडियन होता है।

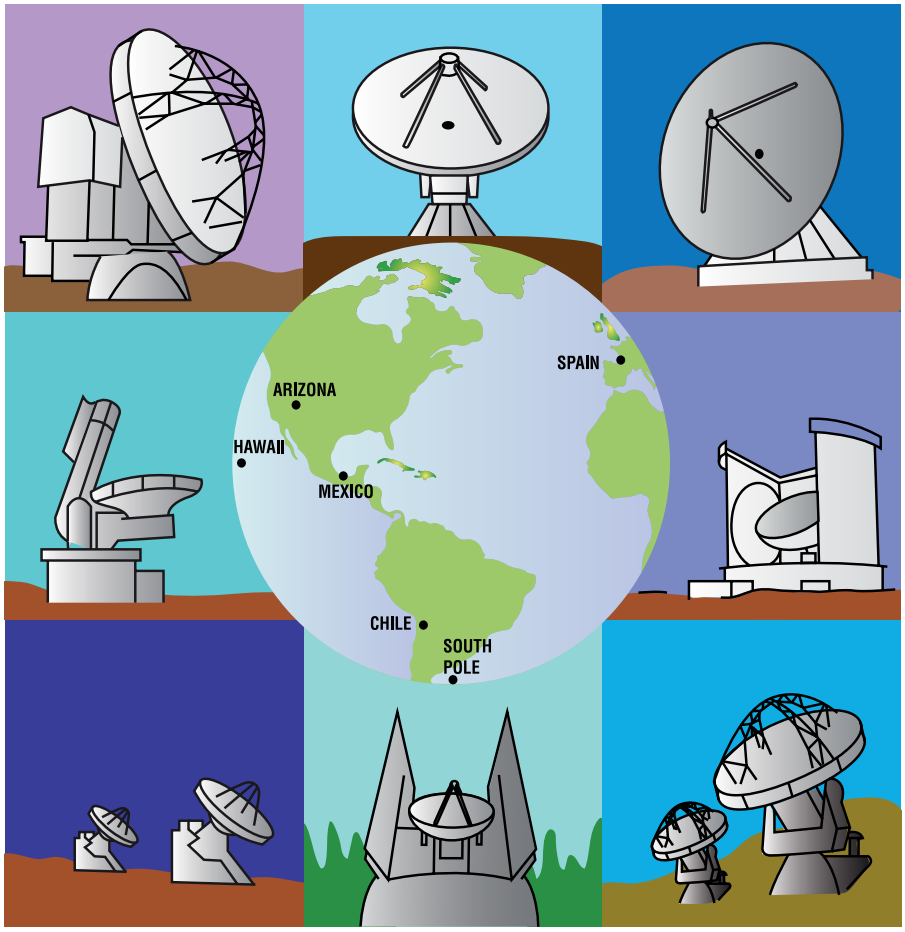


उपरोक्त चित्र, रेडियो टेलिस्कोपों की एक व्यवस्था की विभेदन क्षमता की सीमाओं को दर्शाता है। नीली डैशदार लाइन, सुदूर खगोलीय स्रोत से आ रहे एक समतल तरंगाग्र को प्रदर्शित करती है। इससे सम्बन्धित किरणों को तरंगाग्र के लम्बवत्त सरल रेखाओं से दिखाया गया है, और लेन्स इन किरणों को केन्द्रित करके उस स्रोत की तस्वीर प्रदान करता है। एक अन्य स्रोत से आपतित रेडियो विकिरण के तरंगाग्र को लाल डैशदार रेखा से दर्शाया गया है, जो पहले वाले तरंगाग्र से θ_{min} कोण बनाती है। यह झुकाव, लेन्स के ऊपर व नीचे पहुँच रही किरणों के बीच एक अतिरिक्त पथ-लम्बाई $D\theta_{min}$ उत्पन्न कर देता है। अगर यह पथ लम्बाई 1 तरंग दैर्ध्य से छोटी है, तब दोनों स्रोतों को अलग-अलग स्पष्ट रूप से देख पाना सम्भव नहीं है। इससे हमें सम्बन्ध $\theta_{min} \approx \lambda/D$ रेडियन मिलता है।

3 करोड़ प्रकाश-वर्ष दूर माना गया था जबकि इस दूरी का आधुनिक मान 5.5 करोड़ प्रकाश वर्ष है। इस खोज के लिए उन्होंने जिस तकनीक का इस्तेमाल किया था उसे **इण्टरफेरोमिट्री** कहते हैं। इस तकनीक में दो (या अधिक) रेडियो टेलिस्कोपों पर आपतित रेडियो तरंगों की तुलना की जाती है, ताकि अलग-अलग टेलिस्कोप पर तरंग के शीर्ष या गर्त के पहुँचने के समय में अन्तर मापा जा सके। तत्पश्चात इन मापनों से हम स्रोत की दिशा और तीव्रता पता कर सकते हैं। यह प्रक्रिया उसी प्रकार की है, जिस प्रकार हम और अधिकांश अन्य जानवर दो कानों एवं दिमाग़ के उपयुक्त हार्डवेयर/सॉफ्टवेयर के संयोजन का उपयोग करके ध्वनि तरंगों की दिशा का निर्धारण करते हैं। आज की अधिकांश रेडियो खगोलिकी अलग-अलग स्थानों पर स्थापित टेलिस्कोपों पर सिग्नल प्राप्त करने एवं उनकी तुलना करने की इसी तकनीक पर आधारित है एवं यही EHT परियोजना की बुनियाद है (देखें **बॉक्स-5**)।

बॉक्स-6 : ब्लैक होल को देखने के लिए रेडियो टेलिस्कोपों का उपयोग

M87 में उपस्थित ब्लैक होल के घटना क्षितिज की त्रिज्या का आकलन लगभग 50,000 प्रकाश सेकंड के बराबर किया गया था। M87 की ज्ञात दूरी 5 करोड़ प्रकाश वर्ष या 1.5×10^{15} प्रकाश सेकंड थी। अतः घटना क्षितिज की त्रिज्या द्वारा पृथ्वी पर आपतित कोण (θ_{min}) = ~3×10^{-11} रेडियन। इस कोण को मापने के लिए हमें लगभग एक तिहाई मिलीमीटर की तरंग दैर्ध्य की आवश्यकता पड़ेगी। सौभाग्य से ब्लैक होल के आस-पास मौजूद पदार्थ जो रेडियो तरंगें उत्सर्जित करता है, वह घटना क्षितिज की त्रिज्या से कई गुना अधिक क्षेत्र में फैला हुआ है। इसलिए 1.3 मिमी की तरंग दैर्ध्य हमारे मापन कार्य के लिए पर्याप्त होगी जो कई वेधशालाओं पर उपलब्ध होती है। ये सारे अनुमान इस बात पर आधारित हैं कि किन्ही दो टेलिस्कोपों के बीच 10000 किलोमीटर का फ़ासला है।



चित्र-3 : EHT परियोजना में प्रयुक्त आठ रेडियो टेलिस्कोप एवं पृथ्वी पर उनकी लोकेशन।

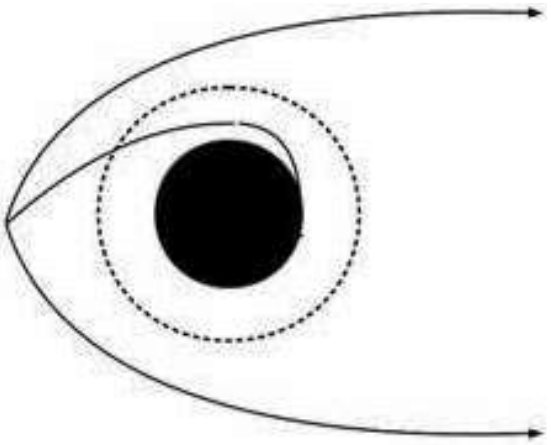
Credits: Adapted from an image by © APEX, IRAM, G. Narayanan, J. McMahon, JCMT/JAC, S. Hostler, D. Harvey, ESO/C. Malin, Max Planck Institute for Radioastronomy. URL: https://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressreleases/2019/4.

इस सदी की शुरुआत में, कुछ दबंग वैज्ञानिकों ने महसूस किया कि रेडियो खगोलिकी की तकनीकें, एवं रेडियो टेलिस्कोप इतने सक्षम हो चुके हैं कि ब्लैक होल के आस-पास का परिवेश देखना लगभग सम्भव है। चूँकि इस काम के लिए आवश्यक तकनीक (मिलीमीटर तरंगों का उपयोग) काफी कठिन है (देखें **बॉक्स-6**), इसलिए EHT परियोजना में आठ अलग-अलग टेलिस्कोपों की मदद ली गई (देखें **चित्र-3**)। इनमें से कई वेधशालाएँ ऊँचे स्थानों पर स्थित हैं क्योंकि निचले वातावरण में जलवाष्प इन मिलीमीटर तरंगों को रोक देती है।

ब्लैक होल की वलय-रूपी तस्वीर का महत्त्व

प्रयोगशाला में काम करने वाले वैज्ञानिकों के विपरीत खगोलविज्ञानियों का उन निकायों पर कोई नियंत्रण नहीं होता जिसका वे अध्ययन करते हैं। उनको पृथ्वी पर पहुँचने वाली विकिरणों का अध्ययन करना पड़ता है, तथा उन तस्वीरों पर काम करना पड़ता है जो सम्बन्धित पिण्ड की सूक्ष्म बारीकियों के बारे में कोई ख़ास जानकारी नहीं प्रकट करती हैं। इसलिए खगोलविज्ञानी 'मॉडल्स' बनाते हैं। किसी पिण्ड का मॉडल एक अन्दाज़ा होता है कि किस प्रकार का पदार्थ, कितने तापमान पर, एवं किस तरह गति करते हुए खगोलविज्ञानियों के पास उपलब्ध सीमित प्रेक्षणीय जानकारी की व्याख्या कर देगा। बेशक़, प्रत्येक मॉडल को भौतिकी के ज्ञात नियमों का पालन करना पड़ता है। अकसर, वास्तविक प्रेक्षणों के साथ तुलना-योग्य भविष्यवाणियाँ करने के लिए अत्यधिक विस्तृत गणनाओं और/या कम्प्यूटर प्रोग्रामों की ज़रूरत पड़ती है। जब प्रेक्षण सीमित होते हैं, तब कई अलग-अलग मॉडल काम कर देते हैं। प्रेक्षणों की गुणवत्ता में सुधार (जैसे कि पिण्ड को अलग-अलग तरंग-दैर्ध्य पर देखना, या उच्च विभेदन क्षमता की फोटो बनाना) होने के साथ-साथ उनमें से कई मॉडल ख़ारिज होते जाते हैं। यदि सब कुछ ठीक-ठाक चले तो सामान्यत: उस मॉडल को सबसे सम्भव मॉडल के रूप में स्वीकार कर लिया जाता है जो इस प्रक्रिया में कामयाब हो।

लगभग आधी सदी से भी अधिक समय तक चलने वाली इसी प्रकार की एक प्रक्रिया का नतीजा है कि आज हमारे पास एक ऐसा मॉडल है जो ब्लैक होल के आस-पास के उन प्रक्रमों की व्याख्या प्रदान करता है, जिनकी वजह से उन शक्तिशाली रेडियो तरंगों का उत्सर्जन होता है जिन्हें हम पृथ्वी पर प्राप्त करते हैं। ब्लैक होल चारों तरफ़ गैसों से घिरा हुआ होता है, और गैसें उसके चारों ओर परिक्रमा करती रहती हैं। गैस की अलग-अलग धाराएँ अलग-अलग त्रिज्याओं पर घूर्णन करती हैं, इस कारण उनके वेग अलग-अलग होते हैं, और इस कारण उनके बीच घर्षण उत्पन्न होता है। इसके दो नतीजे होते हैं। पहला, आन्तरिक क्षेत्र की गैस निम्न कक्षा की तरफ़ उसी प्रकार खिंच जाती है, जिस प्रकार कृत्रिम उपग्रह पृथ्वी के वातावरण के घर्षण के कारण निम्न कक्षा में आ जाता है। दूसरा, घर्षण के कारण गैस गर्म हो जाती है। घर्षण के कारण उत्पन्न हुई यह ऊर्जा, निम्न कक्षा में जाने पर गैस की स्थितिज ऊर्जा में होने वाली हानि के लिए उत्तरदायी होती है। एक बहुत सरल उदाहरण, जिसके द्वारा इसे समझा जा सकता है – धरती की तरफ गिरता हुआ एक पत्थर गतिज ऊर्जा अर्जित करता है, जो धरती से टकराते ही ऊष्मीय ऊर्जा में बदल जाती है। इतने उच्च तापमानों पर गैसीय परमाणु के नाभिक से इलेक्ट्रॉन अलग हो जाते हैं, और गैस एक विद्युतीय चालक की तरह व्यवहार करने लग जाती है। इस कारण विद्युत धाराओं का चालन होता है जिससे चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। चुम्बकीय क्षेत्र में वक्रीय कक्षाओं में गतिशील इलेक्ट्रॉन रेडियो तरंगें उत्सर्जित करते हैं। केन्द्र में तेज़ी से घूर्णन कर रही गैस एक पम्प की तरह काम करती है, अतः कुछ गैस चुम्बकीय क्षेत्र रेखाओं के साथ-साथ ब्लैक होल से बाहर की तरफ़ फेंक दी जाती है। इसका भी एक सरल उदाहरण है – अधिकतर बोरवेल के अन्दर एक तेज़ घूमने वाला 'अपकेन्द्री पम्प' होता है, जो पानी को धरातल पर पहुँचाने के लिए पर्याप्त ऊर्जा प्रदान करता है।



चित्र-4 : एक घूर्णनहीन ब्लैक होल के पास उत्पन्न हो रहा विकिरण। डैशदार रेखा को फोटॉनस्फीयर कहा जाता है। इसे पार करने वाला कोई भी विकिरण घटना क्षितिज में प्रवेश कर जाता है। इससे चूक जाने वाला विकिरण मुड़ जाता है एवं सुदूर प्रेक्षक तक पहुँचता है, और वलय-जैसी तस्वीर बनाता है। इस स्फीयर से कोई भी किरण निकलती हुई नहीं देखी जाती है। यह स्फीयर घटना क्षितिज के बाहर स्थित होता है।

Credits: Rajaram Nityananda. License: CC-BY-NC.

दिखने में यह मॉडल काफ़ी सामान्य लग सकता है, लेकिन प्रेक्षित विकिरणों की तरंग दैर्ध्य एवं ऊर्जा की व्याख्या करने वाली विस्तृत गणनाओं का समर्थन उसे EHT परियोजना से पहले भी प्राप्त था। हाल ही में अर्जित की गई बहुचर्चित तस्वीर की मदद से वैज्ञानिक अपने मॉडल की तुलना वास्तविक प्रेक्षणों के साथ कर सकते हैं, एवं पूर्व में अज्ञात कुछ राशियों की गणना कर सकते हैं। इनमें ब्लैक होल का द्रव्यमान, उसके घूर्णन की गति, उसमें समा जाने वाली गैस की मात्रा एवं चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता के मान सम्मिलित हैं। अतः ब्लैक होल की इस तस्वीर से हमें न केवल इसे देखने का मौक़ा मिलता है, बल्कि इसके परिवेश के बारे में और अधिक जानने को मिलता है।

लेकिन, तस्वीर का केन्द्रीय क्षेत्र काला क्यों

है? घूर्णनशील गैस से प्राप्त हो रहा विकिरण, ब्लैक होल के अत्यन्त तीव्र गुरुत्वाकर्षण के कारण मुड़ जाता है, इस कारण रेडियो-छवि का स्वरूप एक वलय के जैसा हो जाता है। जो किरणें ब्लैक होल के बहुत पास चली जाती हैं, वे उसी में समा जाती हैं (देखें **चित्र-4**)। चूँकि वे किरणें हम तक नहीं पहुँच पाती हैं, इसलिए केन्द्रीय क्षेत्र काला या अन्धकारमय प्रतीत होता है। इसका मतलब हुआ कि जहाँ एक तरफ ब्लैक होल लगातार अदृश्य एवं ओझल रहता है, वहीं दूसरी ओर वह अपने अस्तित्व के स्पष्ट संकेत हमें उन विकिरणों के रूप में भेजता रहता है जिन्हें वो निगल नहीं पाया।

समेकन

देखा जाए तो एक वलय को लेकर इतना उत्साह जायज़ है। यह तस्वीर ब्लैक होल के अस्तित्व का प्रत्यक्ष प्रमाण है – जिसको 2 सदी पहले महज़ अटकलबाज़ी के रूप में प्रस्तुत किया गया था। हालाँकि 50 साल पहले भी खगोलविज्ञानियों ने इसका मोटा-मोटा ख़ाका बना लिया था, लेकिन इसके अस्तित्व के प्रमाण हमेशा अप्रत्यक्ष ही थे; ये प्रमाण कुछ गणनाएँ थीं जो इस बात पर आधारित थीं कि ब्लैक होल हमारे प्रेक्षणों से मेल खाता है। यह बात अतिवज़नी तारों के जीवन की अन्तिम अवस्थाओं एवं निहारिकाओं के केन्द्र में उपस्थित ऊर्जा के स्रोत, दोनों पर लागू होती थी। ज़ाहिर है, वैज्ञानिक ब्लैक होल की भूमिका का अधिक प्रत्यक्ष प्रमाण मिलने की प्रतीक्षा कर रहे थे। 2016 में LIGO ने एवं 2019 में EHT ने ये बहुप्रतीक्षित प्रमाण प्रस्तुत कर दिए।

एक भौतिकविज्ञानी के लिए ब्लैक होल, गुरुत्वाकर्षण का एक रोचक पहलू है और इसकी वजह इसके विशिष्ट गुणधर्म जैसे कि घटना क्षितिज एवं एक घूर्णनशील ब्लैक होल द्वारा पिण्डों को खींचना है। इससे भी अधिक रोचक और अभी तक अनुत्तरित प्रश्न है कि एक बार घटना क्षितिज को पार कर लेने के पश्चात पदार्थ के साथ क्या होता है? हाल ही में हुए ये खगोलीय अन्वेषण निःसन्देह और अधिक शोध कार्य (प्रेक्षण एवं सैद्धान्तिक दोनों तरह के) को प्रेरित करेंगे। निकट भविष्य में हम अपने ब्रह्माण्ड के कुछ निहायत असाधारण पिण्डों को और अधिक अच्छे से समझने की आशा कर सकते हैं।

मुख्य बिन्दु

- अप्रैल 2019 में पहली बार खगोलविज्ञानी एक ब्लैक होल की फोटो हासिल करने में सफल हुए। यह ब्लैक होल M87 नामक एक सुदूर निहारिका के गर्भ में स्थित है।
- एक ऐसे पिण्ड के रूप में ब्लैक होल की समझ 200 वर्षों से अधिक पुरानी है, जो प्रकाश को भी कैद कर लेता है। आइंस्टाइन के गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्त में इस अवधारणा को उपयुक्त गणितीय स्वरूप मिला।
- 2016 में LIGO वेधशाला को ब्लैक होल के अस्तित्व के प्रेक्षण-आधारित प्रमाण मिले। यह ब्लैक होल सूर्य से >20 गुना भारी एक तारे के जीवन की समाप्ति के बाद उस तारे के सिकुड़ जाने के फलस्वरूप निर्मित हुआ था।
- ब्लैक होल की जिस बहुचर्चित फोटो ने इस साल काफ़ी सुर्खियाँ बटोरी, उसे धरती पर अलग-अलग जगह स्थापित कई डिश (एण्टिना) द्वारा प्राप्त रेडियो तरंगों को एक साथ जोड़कर बनाया गया था, यह फोटो 300 से अधिक वैज्ञानिकों की एक बड़ी टीम के संयुक्त प्रयास (Event Horizon Telescope or EHT collaboration) का नतीजा है।
- हम पृथ्वी पर जिन ऊर्जावान रेडियो तरंगों को M87 एवं इसके जैसी अन्य निहारिकाओं से प्राप्त करते हैं, उनका स्रोत गर्म गैस (एक अत्यन्त तीव्र चुम्बकीय क्षेत्र से युक्त) की एक वलय है जो एक केन्द्रीय ब्लैक होल की परिक्रमा करती है – यह फोटो उक्त कथन के पुख़्ता प्रमाण प्रदान करती है।

Note: Image used in the background of the article title – The Atacama Pathfinder Experiment (APEX) telescope at Chajnantor. Image credit: ESO/B. Tafreshi/TWAN (twanight.org), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:APEX_Stands_Sentry_on_Chajnantor.jpg. License: CC-BY.

राजाराम नित्यानन्द वर्तमान में अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापन कार्य करते हैं। यहाँ आने से पहले, वे रमन अनुसन्धान संस्थान, बेंगलूरु में थे। वे एक कार्यकाल (~तीन साल) के लिए *रेज़ोनेंस*, विज्ञान शिक्षा की एक पत्रिका के मुख्य सम्पादक रह चुके हैं। उनका अधिकांश अनुसन्धान कार्य सैद्धान्तिक रहा है जो प्रकाश एवं खगोलिकी से सम्बन्धित भौतिकी के क्षेत्र में है जिसमें गणित और/या कम्प्यूटेशन शामिल रहते हैं। उन्हें विद्यार्थियों एवं सहकर्मियों (जिनमें ज़्यादातर प्रयोगकर्ता और कई उनके ख़ुद के संस्थान से बाहर के होते है) के साथ सहभागी शोध-परियोजनाओं पर कार्य करना पसन्द है।

अनुवाद : कान्हाराम **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** कामिनी उपाध्याय

Azim Premji University Publications

Download Free

Azim Premji University

Rich resource material for educators

i wonder...

Rediscovering school science

www.azimpremjiuniversity.edu.in/i-wonder

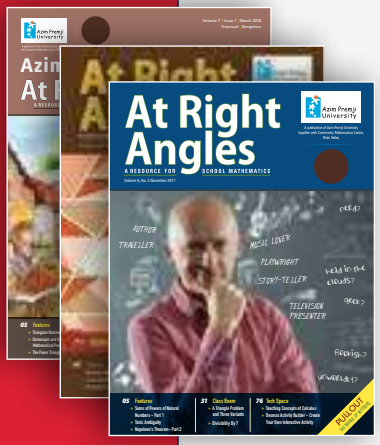
iwonder@apu.edu.in

Learning Curve

A theme-based publication focussing on topics of current relavence to the education sector

www.azimpremjiuniversity.edu.in/learning-curve

learningcurve@apu.edu.in



At Right Angles

A resource for school mathematics

www.azimpremjiuniversity.edu.in/at-right-angles

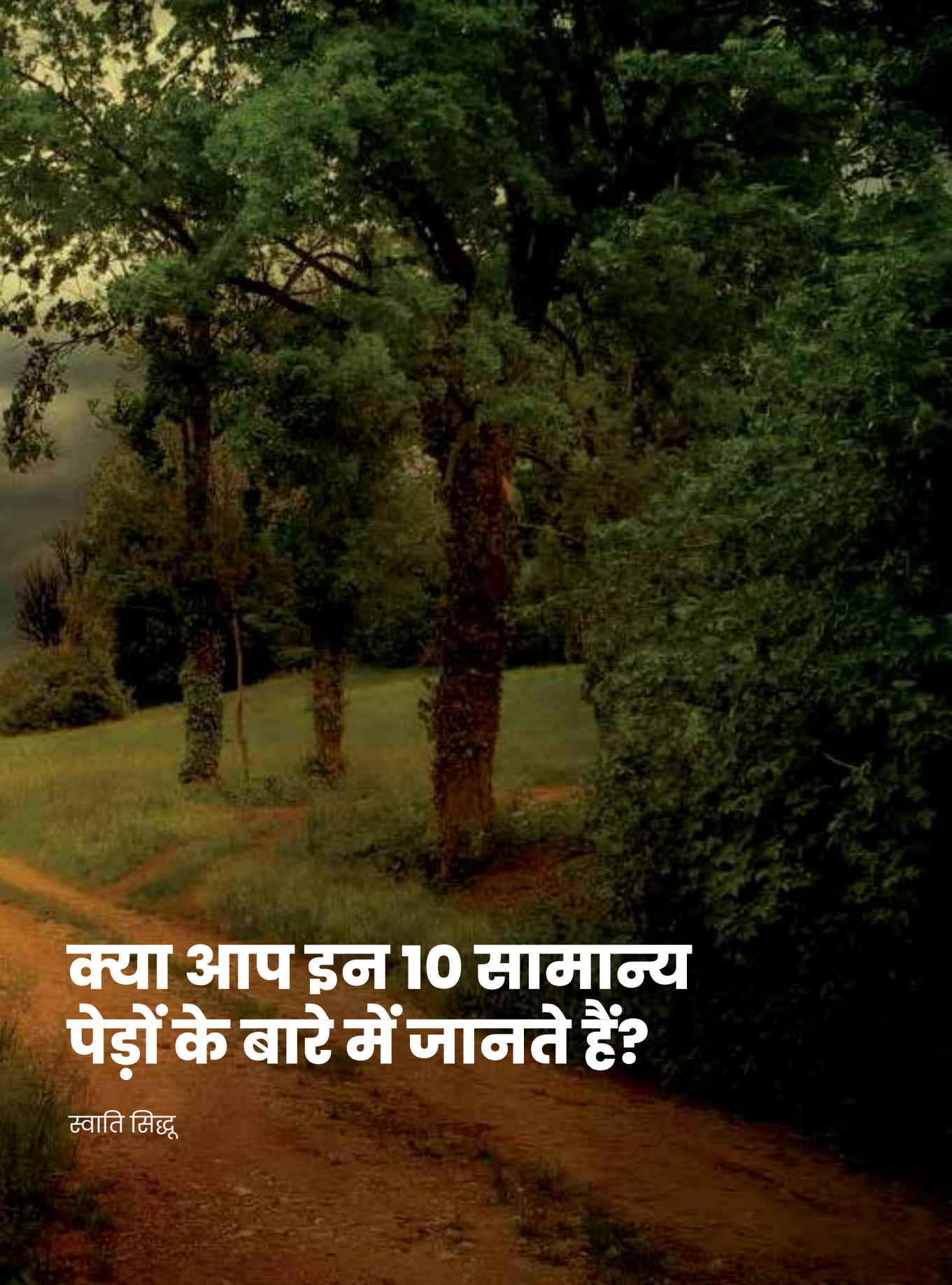
atrightangles@apu.edu.in

अज़ीम प्रेमजी फ़ाउण्डेशन फॉर डेवलपमेंट की ओर से मनोज पी. द्वारा मुद्रित और प्रकाशित।

सुप्रभा कलरग्राफ़िक्स (प्रा.) लिमिटेड, नम्बर 10, 11, 11-ए, जे.सी. औद्योगिक क्षेत्र, येलाचेनहल्ली, कनकपुरा रोड, बेंगलूरु 560062 में मुद्रित।

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, पिक्सेल बी ब्लॉक, पीईएस कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग कैम्पस, इलेक्ट्रॉनिक्स सिटी, बेंगलूरु 560100 से प्रकाशित।

सम्पादक : रामगोपाल वल्लत और चित्रा रवि



क्या आप इन 10 सामान्य पेड़ों के बारे में जानते हैं?

स्वाति सिद्धू

आपने अपने स्कूल परिसर, घर या पड़ोस में इनमें से कितने पेड़ देखे हैं?

क्या आप उनके स्थानीय नाम जानते हैं? क्या आपने देखा है कि वे कब फूलते या फलते हैं? कौन-से जीव उन पर आते हैं और क्यों? हम (मनुष्य) उनका उपयोग किसलिए करते हैं?

अनुक्रमणिका

1.	कटहल	4
2.	इमली	6
3.	पोंगम	8
4.	पीपल	10
5.	नीम	12
6.	अमलतास	14
7.	साल	16
8.	बबूल	18
9.	सागौन	20
10.	कनेर	22

फलों से लदा पेड़

कटहल

वैज्ञानिक नाम	:	*आर्टोकार्पस हेटरोफिलस (Artocarpus heterophyllus)*
अन्य नाम	:	जैकफ्रूट (अँग्रेज़ी), पाला (तमिल), हलासु (कन्नड़)
फूल	:	दिसम्बर-मार्च में
फल	:	अप्रैल-मई में

पत्तियाँ

नर पुष्पक्रम

मादा पुष्पक्रम

क्या आपने कटहल के पेड़ पर फूल देखे हैं? इस पेड़ में नर और मादा फूल होते हैं, और वे दोनों छोटे फलों की तरह दिखते हैं। नर फूलों की सतह चिकनी होती है और वे छोटी शाखाओं पर उगते हैं। आप इन फूलों पर पीले पराग कण भी देख सकते हैं। मादा फूलों की सतह ऊबड़-खाबड़ होती है और वे ज़्यादातर मुख्य तने या बड़ी शाखाओं पर उगते हैं। मादा फूल फलों में विकसित होते हैं, जबकि नर फूल काले हो जाते हैं और पेड़ से गिर जाते हैं।

फल

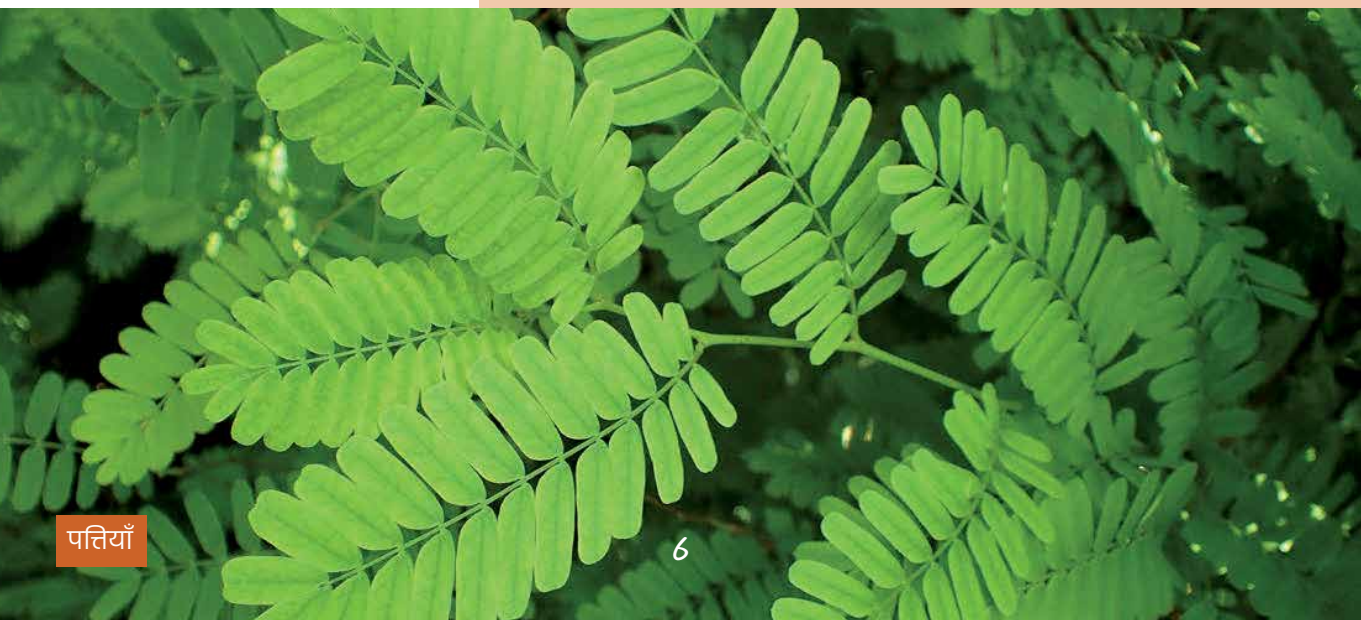
इमली

वैज्ञानिक नाम : *टॉमरन्डस इंडिका*

अन्य नाम : टॉमरन्ड (अँग्रेज़ी), पुलियामारम (तमिल), हंसे (कन्नड़)

फूल : मई–जुलाई में

फल : दिसम्बर–मार्च में



फूल

इस बड़े पेड़ का मुकुट चौड़ा और पंखदार है। इस पेड़ के पके मीठे और खट्टे फल खाने का आपने ख़ूब लुत्फ़ उठाया होगा। लेकिन क्या आप जानते हैं कि यह पेड़ मूल रूप से भारत का नहीं है? यह कहाँ से है? पता लगाने की कोशिश करें!

फल

धब्बे वाली एक पत्ती के साथ अन्य पत्तियाँ

पत्ती के घाव

करंज

वैज्ञानिक नाम : *पोंगामिया पिनाटा*
(Pongamia pinnata)

अन्य नाम : पोंगम (अँग्रेज़ी), पोंगा मरम (तमिल), होंगय मरम (कन्नड़)

फूल : मार्च-मई में

फल : अप्रैल-जून में

फूल

कच्चा फल

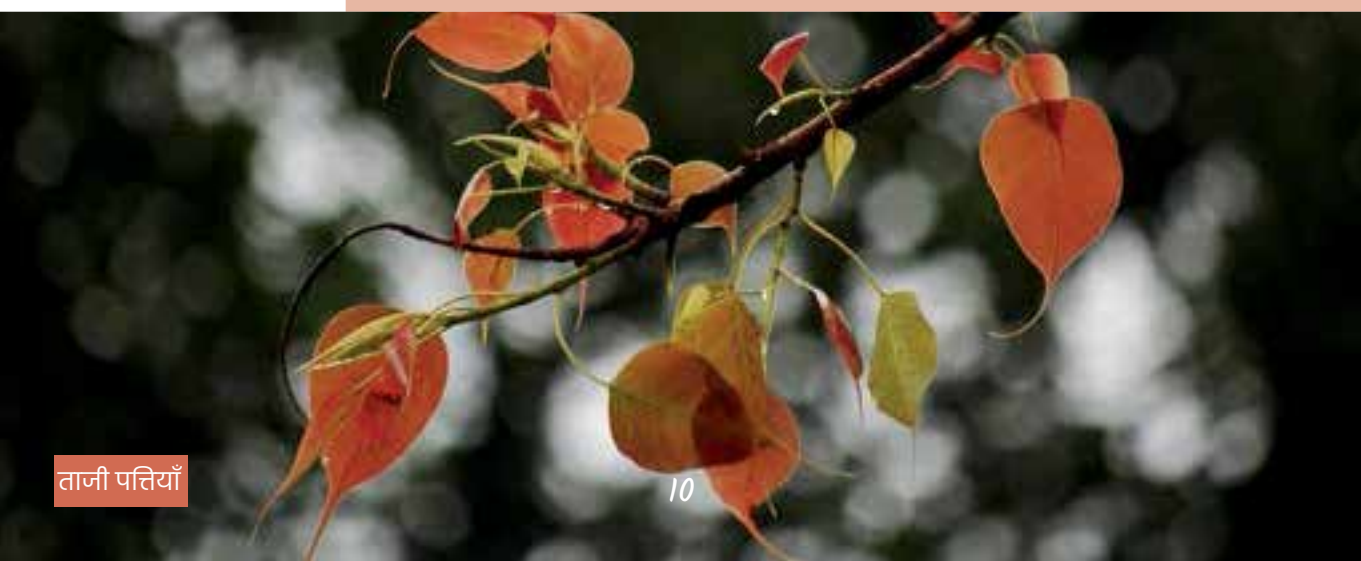
इस पेड़ का तना छोटा होता है लेकिन इसका मुकुट बड़ा और घना होता है। यह सबका ध्यान तब खींचता है जब ताज़ी, नई पत्तियों (मार्च-अप्रैल में) के दिखने के तुरन्त बाद फूल आ जाते हैं। क्या आपने देखा है कि इस पेड़ की परिपक्व पत्तियों पर कभी-कभी भूरे या सफ़ेद धब्बे पड़ जाते हैं, जो सफ़ेद कीड़े जैसे दिखाई देते हैं या पत्तियाँ विकृत दिखाई देती हैं? पत्तियों को होने वाला यह नुक़सान फंगल संक्रमण के कारण हो सकता है जो धब्बे पैदा करता है, या कीटों, जैसे कि लीफ-माइनर्स, के कारण हो सकता है जो पत्ती की सतह के नीचे सुरंग या घाव बनाते हैं।

पका फल

पेड़

पीपल

वैज्ञानिक नाम	:	*फाइकस रिलीजोओसा (Ficus religiosa)*
अन्य नाम	:	अरसु (तमिल), अरली (कन्नड़)
फूल	:	अप्रैल-मई में
फल	:	अक्टूबर-नवम्बर में



ताजी पत्तियाँ

फल

क्या आपने इस पेड़ पर लगे फूल देखे हैं? एक फल जैसे हरे अंजीर को खोलें और आपको अन्दर सैकड़ों फूल दिखाई देंगे। इन फूलों का परागण एक छोटी मादा ततैया करती है जो अंजीर की त्वचा में छेद करके प्रवेश करती है। अन्दर जाने के बाद, वह अंजीर के फूलों का परागण करती है और अपने अण्डे देती है। एक पका हुआ लाल रंग का फल खोलें और देखें कि आपको अन्दर कितने कीड़े दिखाई देते हैं।

परिपक्व पत्तियाँ

पेड़

नीम

वैज्ञानिक नाम : *अजाडीरिक्टा इंडिका (Azadirachta indica)*

अन्य नाम : वेप्पा मरम (तमिल), किरुबेवु (कन्नड़)

फूल : अप्रैल में

फल : मई-जून में

पत्तियाँ

कच्चे और पके फल

यह आम पेड़ घनी छाया प्रदान करता है। क्या आप जानते हैं कि नीम के पेड़ में मिश्रित पत्तियाँ होती हैं? प्रत्येक पत्ती 4-9 जोड़ी दाँतेदार पत्तियों से बनी होती है। इसके फूल छोटे और सफ़ेद होते हैं, और दोपहर में खिलते हैं।

फूल

पेड़

अमलतास

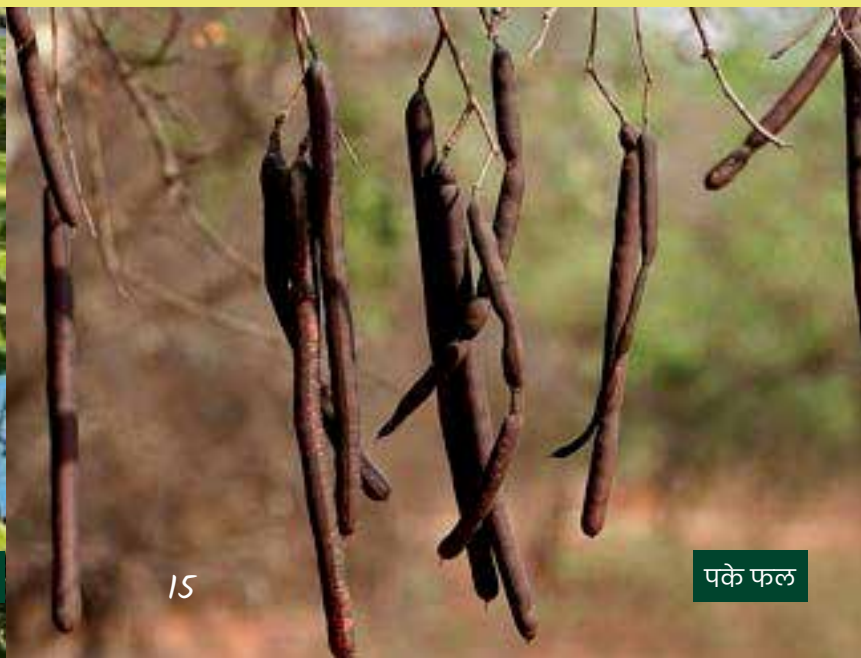
वैज्ञानिक नाम	:	*कैसिया फिस्टुला (Cassia fistula)*
अन्य नाम	:	भारतीय लेबर्नम (अँग्रेज़ी), कोंडराई (तमिल), काक्के (कन्नड़)
फूल	:	अप्रैल-मई में
फल	:	मई-जून में

पत्तियाँ

फूल

इस छोटे से मध्यम आकार के पेड़ की छतरी पतली और फैली हुई होती है। इस पेड़ के चमकीले पीले फूल पतले गुच्छों में लगे होते हैं, बिल्कुल झूमर की तरह। इसका फल एक लम्बी, बेलनाकार, चॉकलेटी रंग की फली के रूप में होता है जो खाने योग्य नहीं लगती, लेकिन जंगल में भालू और बन्दर इसे बहुत पसन्द करते हैं।

कच्चे फल



पके फल

पेड़

साल

वैज्ञानिक नाम : *शोरिया रोबस्टा (Shorea robusta)*

अन्य नाम : अश्वकर्ण (कन्नड़)

फूल : मार्च-अप्रैल में

फल : जून-जुलाई में

नई पत्तियाँ और फूल की कली

परिपक्व पत्तियाँ और फूल

यह बड़ा पेड़ 40 मीटर की ऊँचाई तक बढ़ सकता है। इसके प्रत्येक फल में पाँच पंखों से जुड़ा एक बीज होता है। ये पंख फल को पेड़ से गिरते समय घूमने में मदद करते हैं। जब हवा चलती है तो फल अपने आप को मूल पेड़ से अलग कर लेता है और एक छोटे हेलीकॉप्टर की तरह दूर चला जाता है।

घूमता फल

पेड़

बबूल

वैज्ञानिक नाम : *अकैसा निलोटिका (Acacia nilotica)*

अन्य नाम : करुवेलम (तमिल)

फूल : बारिश में

फल : अप्रैल-जून

पत्तियाँ और काँटे

फूल

यह पेड़ अकसर गाँव के तालाबों के पास उगता हुआ देखा जाता है। इसका मुकुट बड़ा, गोल होता है जो पंखदार पत्तियों से ढका होता है। इसके अलावा, सफ़ेद काँटों को भी देखें, जो लगभग आपके अँगूठे जितने लम्बे होते हैं, जो इसकी शाखाओं के साथ जोड़े में उगते हैं। क्या आप जानते हैं कि प्रत्येक पीला पोम-पोम फूल सैकड़ों छोटे फूलों का एक संग्रह है जो एक साथ गुच्छों में लगे होते हैं?

फल

पेड़

पत्तियाँ और फूल

सागौन

वैज्ञानिक नाम	:	*टेक्टोना ग्रैंडिस (Tectona grandis)*
अन्य नाम	:	टीक (अँग्रेज़ी), थाइक्कू (तमिल)
फूल	:	जुलाई-अगस्त में
फल	:	नवम्बर-जनवरी में

फूल

फल

यह काफ़ी लम्बा पेड़ है जिसके पत्ते बहुत बड़े हैं। पेड़ का मुकुट लम्बा है और बहुत चौड़ा नहीं है। पत्तियाँ 60 सेमी तक लम्बी हो सकती हैं और छूने पर सैंडपेपर जैसी होती हैं। क्या आपने अपनी हथेलियों के बीच इसकी कुछ नई पत्तियों को रगड़ने की कोशिश की है? वे खून जैसा लाल दाग छोड़ती हैं।

एक कीड़े के लार्वा द्वारा खाए गए सागौन की पत्ते

पेड़

कनेर

वैज्ञानिक नाम	:	*बौहिनिया पुरपुरिया (Bauhinia purpurea)*
अन्य नाम	:	परपल बौहेनिया (अँग्रेज़ी), नीलातिरुवत्ती (तमिल), देवकंचन (कन्नड़)
फूल	:	अक्टूबर-जनवरी में
फल	:	फरवरी-अप्रैल में

पत्तियाँ और फूल

फूल

कच्चा फल

यह एक मध्यम आकार का पेड़ है। पत्तियों में एक छोर पर जुड़े हुए दो बराबर उभार होते हैं - तितली के आकार के। इसके फूलों में अलग-अलग पैटर्न वाली पंखुड़ियाँ होती हैं जो एक-दूसरे से स्वतंत्र होती हैं। फल एक लम्बी फली होती है जो पकने पर 'पॉप' ध्वनि के साथ फटती है और बीज बिखेरती है।

पका फल

Photo credits:

Jackfruit Tree (Pg 4) – Sanu N, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jackfruit_Tree_Kerala.jpg. License: CC-BY-SA. Leaves (Pg 4) – P Jeganathan, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jackfruit_(Artocarpus_heterophyllus)_leaves_from_Vilupram_dt_IMG_3901.JPG License: CC-BY-SA. Male inflorescence (Pg 5) – Giby Kuriakose. License: CC-BY-NC. Female inflorescence (Pg 5) – Giby Kuriakose. License: CC-BY-NC. Fruit (Pg 5) from URL: https://pixabay.com/photos/jackfruit-fruit-tropical-tree-food-4037499/

Tamarind Tree (Pg 6) – Pratheepps, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tamarind_tree.jpg. License: CC-BY. Leaves (Pg 6) – Krzysztof Ziarnek, Kenraiz, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tamarindus_indica_kz1.jpg. License: CC-BY-SA. Flowers (Pg 7) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tamarindus_indica_(Emli)_flowers_W_IMG_9164.jpg. License: CC-BY. Fruit (Pg 7) from https://pixabay.com/photos/hanuman-langur-primate-monkey-173345/.

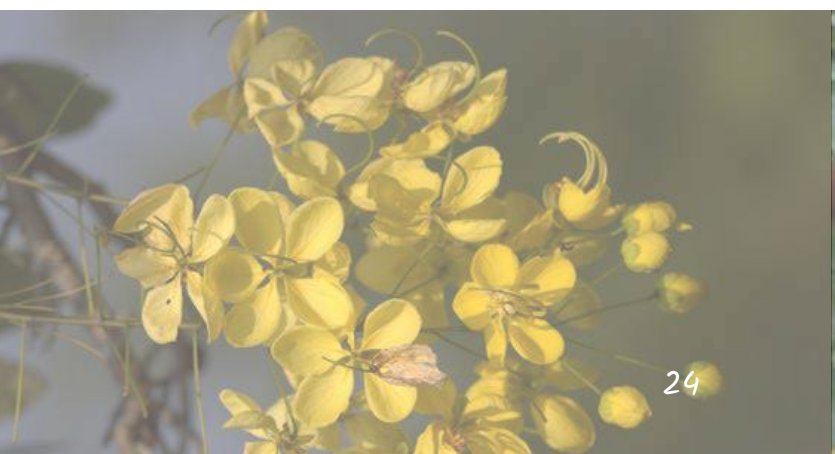
Pongam Leaves (Pg 8) – Swati Sidhu. License: CC-BY-NC. Leaf galls (Pg 8) – Swati Sidhu. License: CC-BY-NC. Flowers (Pg 9) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pongamia_pinnata_(Karanj)_near_Hyderabad_W_IMG_7631.jpg. License: CC-BY. Unripe fruit (Pg 9) – Dinesh Valke. URL: https://www.flickr.com/photos/dinesh_valke/2206104423. License: CC-BY-SA. Ripe fruit (Pg 9) – Dinesh Valke, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kanugu_(Telugu-_%E0%B0%95%E0%B0%BE%E0%B0%A8%E0%B1%81%E0%B0%97%E0%B1%81)_(3666692337).jpg. License: CC-BY-SA.

Peepal tree (Pg 10) – Vinayaraj, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ficus_religiosa_at_Valliyoorkavu.jpg. License: CC-BY-SA. Fresh leaves (Pg 10) – Challiyil Eswaramangalath Vipin, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ficus_religiosa.JPG. License: CC-BY-SA. Mature leaves (Pg 11) – Eric Guinther, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ficus_religiosa_Bo.jpg. License: CC-BY-SA. Fruit (Pg 11) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coppersmith_Barbet_(Megalaima_haemacephala)_feeding_on_Ficus_religiosa_W_IMG_8204.jpg. License: CC-BY.

Neem tree (Pg 12) – Abhiriksh, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bull-Cart_under_Neem_tree_in_a_farm_1.jpg. License: CC-BY-SA. Leaves (Pg 12) – Thendral Muthusami, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neem_Tree_Thendral.JPG. License: CC-BY-SA. Unripe & ripe fruits (Pg 13) from https://pixabay.com/photos/flower-neem-azadirachta-indica-2205653/. Flowers (Pg 13) – Jimmy tikhak, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neem_seed.jpg. License: CC-BY-SA.

Indian Laburnum Tree (Pg 14) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cassia_fistula_(Amaltas)_in_Hyderabad_W_IMG_8170.jpg. License: CC-BY. Leaves (Pg 14) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amaltas_(Cassia_fistula)_leaves_in_Hyderabad,_AP_W_289.jpg. License: CC-BY-SA. Flowers (Pg 15) – Anand Osuri, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cassia_fistula_flower_masinagudi_1.jpg. License: CC-BY-SA. Unripe fruit (Pg 15) – Asit K. Ghosh Thaumaturgist, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CassiaFistula02_PalmaSola_Asit.jpg. License: CC-BY-SA. Ripe fruit (Pg 15) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cassia_fistula_(Amaltas)_fruits_in_Hyderabad_W2_IMG_7487.jpg. License: CC-BY.

Sal Tree (Pg 16) – Biswarup Ganguly, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shorea_robusta_–_Simurali_2011- 10-05_050369.JPG. License: CC-BY. New leaves (Pg 16) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sal_(Shorea_robusta)-_new_leaves_with_flower_buds_at_Jayanti,_Duars_W_Picture_120.jpg. License: CC-BY-SA. Mature leaves (Pg 17) – Ashitaka. URL: https://www.flickr.com/photos/iwahige/41703834254. License: CC-BY-NC-SA. Spinning fruit (Pg 17) – T. R. Shankar Raman, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SpinningSal.jpg. License: CC-BY-SA.



Babool tree (Pg 18) from the URL: https://pixabay.com/photos/babul-tree-acacia-nilotica-2872022/. Leaves and spines (Pg 18) – Dinesh Valke. URL: https://www.flickr.com/photos/dinesh_valke/517656711. License: CC-BY-SA. Flowers (Pg 19) – Dinesh Valke. URL: https://www.flickr.com/photos/dinesh_valke/517670602. License: CC-BY-SA. Fruit (Pg 19) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plum-headed_Parakeet_(Psittacula_cyanocephala)_feeding_on–Acacia_nilotica_W_IMG_4501.jpg. License: CC-BY-SA.

Teak tree (Pg 20) – Thamizhpparithi Maari, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teak_tree_of_Salem.jpg. License: CC-BY-SA. Leaves, flowers and fruit (Pg 20) – J.M.Garg, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teak_(Tectona_grandis)_flowers_in_Anantgiri,_AP_W_IMG_8803.jpg. License: CC-BY-SA. Flowers in close-up (Pg 20) – Dinesh Valke, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teak_(3522254046).jpg. License: CC-BY-SA. Fruit (Pg 21) – Marco Schmidt, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tectona_grandis_MS6388.jpg. License: CC-BY-SA. Leaves eaten by teak defoliator larvae (Pg 21) – Jenis Patel, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teak_tree_tectona_grandis_leaves.jpg. License: CC-BY-SA.

Purple Bauhinia tree (Pg 22) – Abhiriksh, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bull-Cart_under_Neem_tree_in_a_farm_1.jpg. License: CC-BY-SA. Leaves and flowers (Pg 22) – Thendral Muthusami, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neem_Tree_Thendral.JPG. License: CC-BY-SA. Flowers in closeup (Pg 23) from https://pixabay.com/photos/flower-neem-azadirachta-indica-2205653/. Unripe fruit (Pg 23) – Jimmy tikhak, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neem_seed.jpg. License: CC-BY-SA. Ripe fruit (Pg 23) – Dinesh Valke. URL: https://www.flickr.com/photos/dinesh_valke/9229556602. License: CC-BY-SA.

Resources:

1. Pradip Krishen, Jungle Trees of Central India for species related information.
2. India Biodiversity Portal for vernacular names.

रचनाकार :

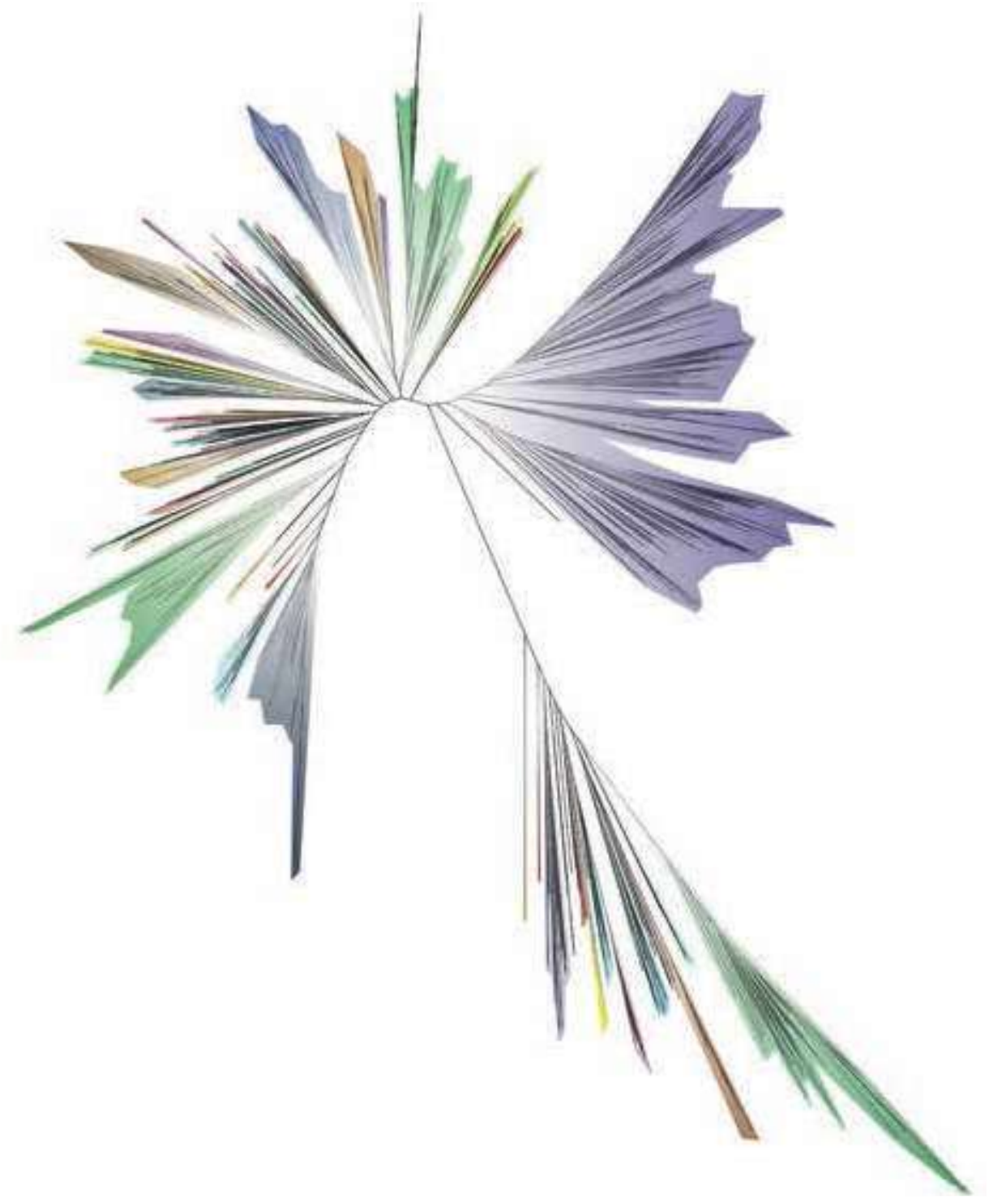
स्वाति सिद्धू सीज़नवॉच के साथ काम करती हैं। सीज़नवॉच एक नागरिक विज्ञान परियोजना है जो भारत में वृक्ष फेनोलॉजी की निगरानी करती है। उनसे swati@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

डिज़ाइन : विद्या कमलेश

आपके अवलोकन

"...जैसे किसी पेड़ की कलियाँ बड़ी होकर नई कलियों को जन्म देती हैं, और यदि वे मज़बूत हों, तो चारों ओर फैलकर कमज़ोर टहनियों को ढँक लेती हैं, मेरे ख़याल से जीवन के इस शानदार वृक्ष के साथ भी पीढ़ी-दर-पीढ़ी यही हुआ है। यह वृक्ष अपनी मरी हुई और टूटी-फूटी शाखाओं से धरती की ऊपरी परत को भर देता है, और अपनी सजीव, निरन्तर फैलती सुन्दर शाखाओं से धरती की सतह को ढँक देता है।''

– चार्ल्स डार्विन



आई वंडर... का अगला अंक – उद्विकास पर पुनर्विचार।

Azim Premji University
Pixel Park, PES Campus, Electronics City, Hosur Road,
Bangalore - 560100
080-6614 5136
www.azimpremjiuniversity.edu.in
Facebook: /azimpremjiuniversity **Instagram:** @azimpremjiuniv **Twitter:** @azimpremjiuniv