अंक 4 | अगस्त, 2018 | अर्ध वार्षिक | बेंगलूरु

Azim Premji University

आई वंडर...

रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

पेज 25

हम कहाँ से आए हैं?

हम क्या हैं?

हम कहाँ जा रहे हैं?

अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय का प्रकाशन

i wonder
No. 134, Doddakannelli
Next to Wipro Corporate Office
Sarjapur Road, Bangalore - 560 035. India
Tel: +91 80 6614 9000/01/02 Fax: +91 806614 4903
www.azimpremjifoundation.org

Also visit the Azim Premji University website at
www.azimpremjiuniversity.edu.in

यह अंक मूलत: आई वंडर... (अँग्रेज़ी) अंक 4 अगस्त,2018 के लेखों का हिन्दी अनुवाद है। यह अनुवाद ई-कॉपी के रूप में दिसम्बर, 2024 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।

आई वंडर...
रीडिस्कवरिंग स्कूल साइंस

सम्पादकीय

27 दिसम्बर, 1831 को, बहुत देरी के बाद, इंग्लैंड के डेवनपोर्ट के पास बार्न पूल से एक जहाज़ ने अपना लंगर उठाया। जल्द ही इतिहास के सबसे प्रसिद्ध जहाज़ों में से एक बनने के लिए, यह दक्षिण अमेरिका के दक्षिणी तटों का हाइड्रोग्राफ़िक सर्वेक्षण करने के लिए दो साल के अभियान पर जा रहा था। रवाना होने से ठीक पहले, जहाज़ के 24 वर्षीय रईस कैप्टन ने अपने 22 वर्षीय प्रकृतिवादी साथी को हाल ही में प्रकाशित एक पुस्तक की एक प्रति दी। वह कल्पना भी नहीं कर सकता था कि इस साधारण भेंट का उसके साथी के जीवन पर या प्राकृतिक दुनिया की हमारी समझ पर कितना गहरा प्रभाव पड़ेगा।

जहाज़ एचएमएस बीगल था। इसकी कमान कैप्टन रॉबर्ट फिट्ज़रॉय के पास थी, जो पहले से ही एक सक्षम नेता और एक सावधानीपूर्वक सर्वेक्षणकर्ता के रूप में मशहूर थे। युवा प्रकृतिवादी चार्ल्स डार्विन थे। फिट्ज़रॉय द्वारा लगभग अस्वीकार कर दिए जाने के बाद भी (क्योंकि उनकी नाक का आकार दृढ़ संकल्प की कमी को दर्शाता था) डार्विन उन्हें हर तरह से इस भूमिका के लिए उपयुक्त प्रतीत हुए। प्रसिद्ध दार्शनिक इरास्मस डार्विन के पोते के रूप में, वे फिट्ज़रॉय के 'सज्जन' होने के मानदण्डों पर खरे उतरे। छह फीट लम्बे, झुकने की प्रवृत्ति वाले और प्राकृतिक इतिहास में गहरी रुचि रखने वाले डार्विन ने पादरी बनने से पहले एक बार उष्णकटिबन्धीय क्षेत्रों की यात्रा करने की तीव्र इच्छा जताई थी। फिट्ज़रॉय ने उन्हें जो पुस्तक दी थी उसका नाम था 'भूविज्ञान के सिद्धान्त'। किताब ने इसके पहले लेखक, स्कॉटिश अभिजात चार्ल्स लियेल के करियर में एक महत्वपूर्ण बदलाव को चिह्नित किया। लियेल ने भूविज्ञान की ओर रुख़ किया था। अपनी पुस्तक में, लियेल ने साक्ष्य-आधारित दृष्टिकोण का उपयोग करके तर्क दिया कि सभी महान भूवैज्ञानिक परिवर्तन, ऐतिहासिक और साथ ही वर्तमान, लम्बे समय तक सूक्ष्म परिवर्तनों के संचय की क्रमिक प्रक्रिया का परिणाम थे। हालाँकि डार्विन को शुरू में भूविज्ञान की कक्षाएँ नीरस लगती थीं, लेकिन आधुनिक भूविज्ञान के संस्थापकों में से एक एडम सेडगेविक के साथ एक फील्ड-ट्रिप पर उन्होंने इस विषय में गहरी रुचि विकसित की थी। लियेल की पुस्तक पढ़ना, और बाद में केप वर्डे द्वीपों पर चट्टानों की संरचनाओं को 'लियेल की आँखों' से देखना, प्रजातियों की उत्पत्ति पर डार्विन के दीर्घकालिक चिन्तन पर एक स्थायी छाप छोड़ गया।

कहने की ज़रूरत नहीं है कि आई वंडर...का यह अंक विकास पर केन्द्रित है, एक अवधारणा जो आज चार्ल्स डार्विन का लगभग पर्याय बन गई है। हालाँकि, एक अजीब लेकिन उपयुक्त तरीक़े से, शब्द विकास, लैटिन 'इवोल्वरे' से लिया गया है, जिसका उपयोग मूल रूप से 'पुस्तक को खोलना' के लिए किया जाता था। और वास्तव में, चार्ल्स लियेल ने ही इस शब्द का पहली बार आधुनिक अर्थ में इस्तेमाल किया था – डार्विन द्वारा अपनी पुस्तक 'ऑन द ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज' के अन्तिम पैराग्राफ़ में इसका इस्तेमाल करने से सत्ताईस साल पहले। इस प्रकार, यह लियेल की धारणा है कि 'वर्तमान अतीत की कुन्जी है', विज्ञान के लगभग हर क्षेत्र में एक महत्त्वपूर्ण पहला सिद्धान्त है, जो इस अंक के लेखों को जोड़ने वाला अन्तर्निहित सूत्र है – सितारों और पृथ्वी के विकास से लेकर जीवित जीवों, मनुष्यों या यहाँ तक कि महासागर के अम्लीकरण की घटना तक। इस खोज में हमारे साथ जुड़ें, और अपने विचार हमारे साथ *iwonder.editor@azimpremjifoundation.org* पर साझा करना न भूलें।

चित्रा रवि
सह-सम्पादक

सम्पादक
रामगोपाल (रामजी) वल्लत
चित्रा रवि

सम्पादन समिति
आनन्द नारायणन
चन्द्रिका मुरलीधर
गीता अय्यर
हृदय कान्त दीवान
जयलक्ष्मी अय्यर
जुल्फिकार अली
राधा गोपालन
राजाराम नित्यानन्द
रीतिका सूद
रिचर्ड फर्नांडीस
सौरभ सोम
सुशील जोशी
यास्मीन जयतीर्थ

सलाहकार
फाल्गुनी सारंगी
मनोज पी.
एस. गिरिधर

हिन्दी अंक सम्पादक
राजेश उत्साही

प्रकाशन समन्वयक
स्नेहा कुमारी

रेखांकन
विद्या कमलेश

पत्रिका डिज़ाइन
जिंक और ब्रोकोली
enquiry@zandb.in

हिन्दी लेआउट
आदर्श प्रा.लि. भोपाल

फोटो सौजन्य
मुख पृष्ठ : होमो निएंडरथेलेंसिस किंग, 1864. जेम्स सेंट जॉन, फ़्लिकर। URL: https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/15278714167. CC-BY.
अन्तिम आवरण : ड्रोसोफिला भ्रूण, वाइडफील्ड फ्लोरोसेंस। ZEISS माइक्रोस्कोपी। URL: https://www.flickr.com/photos/zeissmicro/8182250049. CC-BY-NC-ND.

आभार
इस अंक को तैयार करने में सहयोग के लिए सत्यजीत मेयर, और इंडियाबायोसाइंस, नेशनल सेंटर फॉर बायोलॉजिकल साइंसेज, बेंगलूरु की स्मिता जैन का विशेष आभार।

लाइसेंस
इस पत्रिका के सभी लेख क्रिएटिव कॉमन्स-एट्रिब्यूशन-नॉन कमर्शियल 4.0 इंटरनेशनल लाइसेंस के तहत प्रकाशित हैं।
BY NC

कृपया ध्यान दें : इस अंक में व्यक्त सभी विचार और राय लेखकों के हैं। अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय या अज़ीम प्रेमजी फ़ाउंडेशन का इनसे सहमत होना आवश्यक नहीं है।

इस अंक में

विकास

4 तारों का विकास
आनन्द नारायणन

पोस्टर – तारों का विकास
आनन्द नारायण

16 पृथ्वी के विकास की प्रमुख घटनाएँ
एस.मोहन कुमार

POSTER – EARTH EVOLUTION
HOWARD HUGHES MEDICAL INSTITUTE, MARYLAND, US

25 हम कहाँ से आए हैं? हम क्या हैं? हम कहाँ जा रहे हैं?
अविनाश कुमार

पोस्टर – मानव विकास
अविनाश कुमार

मैं एक वैज्ञानिक हूँ

33 सुधा राजमणि के साथ साक्षात्कार

विज्ञान प्रयोगशाला

38 सरल प्रयोगों से भौतिकी को समझना
जी. एस. रोतेला

खोजबीन
पोस्टर – आर्कटिक सागर के तल में जन्तु-जगत
गीता अय्यर

इतिहास के पन्ने

41 जीवन वृक्ष : उद्विकास के हृदय में एक सशक्त गणितीय विचार
मुकुन्द थत्ताई

शोध से अभ्यास तक

48 दुनिया को देखना : विज्ञान शिक्षण में विभिन्न रूपकों का इस्तेमाल
के. के. मशूद, रोहित मेहता और पुण्य मिश्र

खोजबीन
पोस्टर – समुद्रों का अम्लीकरण
तेजस जोशी

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

54 मिट्टी के बारे में सीखना : विद्यार्थियों के विचार
सन्तोष कुमार

54 पहुँचना मिट्टी की आत्मा तक
राधा गोपालन

पोस्टर – मृदा-सूक्ष्मजीव क्यों अनिवार्य हैं?

गतिविधि शीट्स – ह्यूमस की खोज-I व II
राधा गोपालन

खोजबीन
पोस्टर – शव पारिस्थितिकी तंत्र
गीता अय्यर

विज्ञान शिक्षक काम पर है

67 कला के माध्यम से जीव विज्ञान की खोजबीन : कक्षा से प्राप्त कुछ विचार
कौस्तुभ राव

आँगन में जीवन

76 मकड़ियाँ : हमारे बीच बुनकर और शिकारी
वेना कपूर और दिव्या उमा

खोजबीन
पोस्टर – मकड़ियों के कुछ रंग-ढंग

गतिविधि शीट्स
- मकड़ी बिन्गो
- मकड़ी के जाले का अवलोकन
- जाले की ज्यामिति और गणित
- पत्तियों के कचरे में मकड़ियों की विविधता
- मकड़ी टेरारियम • मकड़ी या कीट?
- मकड़ियों से जुड़े मिथक और स्थानीय क़िस्से-कहानियाँ

वेना कपूर

पुस्तक समीक्षा

95 वाइल्ड इन द बैकयार्ड
निमेश वेद

जीवनी

99 अदम्य विकासवादी : लिन मार्गुलिस
मीनाक्षी पन्त

खोजबीन
पोस्टर – चेतना की मुश्किल समस्या
रीतिका सूद

विज्ञान संचार

104 एबीटी : क़िस्सागोई के लिए बस इतना जानना ज़रूरी है
रेंडी ओल्सन

पृथ्वी से परे

107 चाँद पर चहलक़दमी
रामगोपाल (रामजी) वल्लत

बुकलेट : ल्यूका संस्करण 4.01
रोहिणी चिन्ता

तारों का विकास

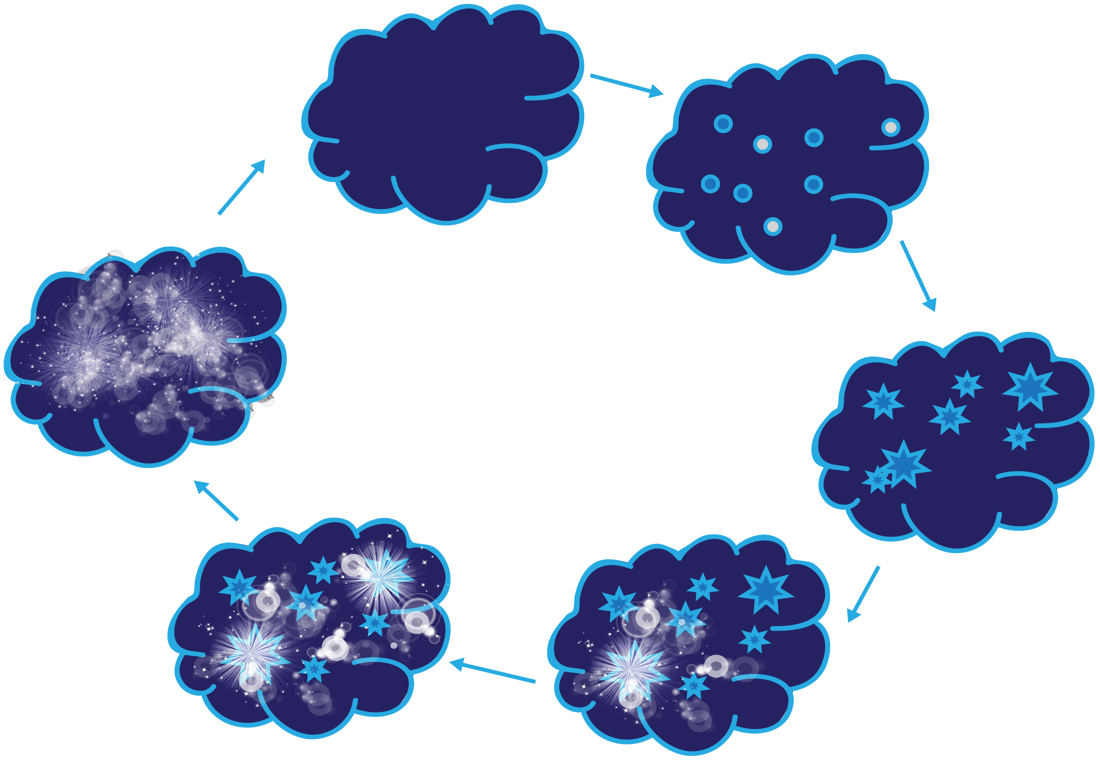
आनन्द नारायणन

मनुष्य की आयु के मान से देखें तो सूर्य और अन्य तारे तो शाश्वत नज़र आते हैं। लेकिन तारों का भी जन्म होता है और उनकी भी मृत्यु होती है। यदि ऐसा न होता तो हम उनकी कथा सुनाने को यहाँ न होते। एक अनूठे ढंग से पृथ्वी पर जीवन उन सितारों की बदौलत सम्भव हुआ है जो बहुत समय पहले सिधार गए थे। इस लेख में तारकीय विकास की दिलकश कहानी को टटोला गया है।

तत्वों की आवर्त तालिका से तो हम सभी परिचित हैं। इसमें पृथ्वी पर मौजूद समस्त जीवित व निर्जीव पदार्थों को बनाने वाली मूलभूत रासायनिक निर्माण इकाइयाँ कई सारी पंक्तियों में सजी हैं (**देखें चित्र-1**)। किन्तु क्या आपने कभी यह विचार किया है कि ये तत्व आए कहाँ से? ऑक्सीजन जिसमें हम साँस लेते हैं, हमारी हड्डियों का कैल्शियम, हमारे ख़ून में लौह और हमारे डीएनए का नाइट्रोजन – वे कौन-सी प्रक्रियाएँ हैं, जिन्होंने इतनी विविधता को जन्म दिया है? शायद अविश्वसनीय लगे किन्तु तथ्य यह है कि पूरे ब्रह्माण्ड में एक ही जगह है जहाँ इन सारे तत्वों का निर्माण (संश्लेषण) हो सकता है – तारों के अन्दरूनी भाग में। बहुत समय पहले मर चुके इन तारों के बग़ैर न तो पृथ्वी जैसे ग्रह होते और न हमारा जाना-पहचाना जीवन। तारों के विकास ने कैसे जीवन के विकास का मार्ग प्रशस्त किया है, इसे समझने के लिए

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 1																	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	*	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	**	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118
8	Uue 119																	
*lanthanoids			La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	
**actinoids			Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103	

चित्र-1 : आवर्त तालिका



चित्र-2 : तारों का जीवन चक्र। तारे अन्तरतारकीय गैस बादलों से जन्म लेते हैं। ऐसे बादल के अन्दर विखण्डन एक नहीं बल्कि कई तारों को जन्म देता है। इनमें से कुछ तारे अल्प-द्रव्यमान वाले होंगे (जैसे सूरज) और कुछ अत्यन्त विशाल होंगे। तारे चन्द करोड़ से लेकर अरबों साल तक जीते हैं। इस दौरान वे कई तत्वों का संश्लेषण करते हैं और जीवन की समाप्ति पर वे अपने द्वारा संश्लेषित भारी तत्वों को अन्तरतारकीय माध्यम में उँडेल देते हैं। (License : CC-BY-NC)

आइए तारों के दैदीप्यमान जीवन को बारीकी से देखते हैं – क्या चीज़ है जो उन्हें इतना चमकदार बनाती है और जब वे चमकना बन्द कर देते हैं, तब क्या होता है।

तारकीय जीवनचक्र

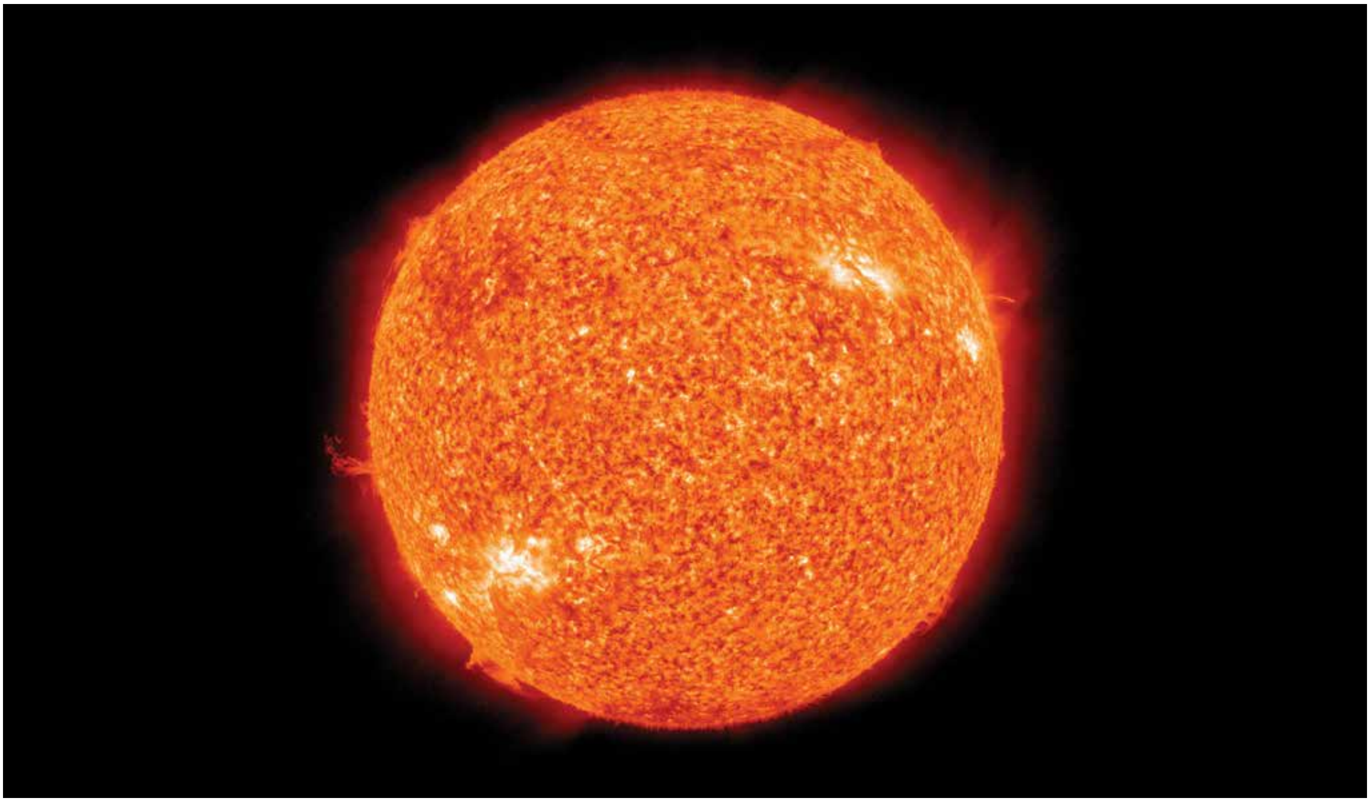
तारों के जन्म, अपेक्षाकृत परिपक्व अवस्था तक उनके विकास और अन्ततः मृत्यु तक उनके जीवन को खगोलशास्त्री तारकीय जीवनचक्र कहते हैं (**देखें चित्र-2**)। जीवनचक्र शब्द से लगता है कि यह एक ऐसी प्रक्रिया है जो लगातार दोहराई जाती है और वास्तव में ऐसा ही है।

तारों का जन्म अन्तरतारकीय माध्यम (तारों के बीच का क्षेत्र) में हाइड्रोजन गैस के बादलों में से होता है। जब उनकी मृत्यु होती है तो वे अन्तरतारकीय क्षेत्र को वही गैस लौटा देते हैं। अलबत्ता एक प्रमुख अन्तर होता है। तारे जो गैस अन्तरतारकीय माध्यम में लौटाते हैं उसमें हाइड्रोजन से भारी ऐसे तत्वों की प्रचुरता होती है जो तारों ने अपने जीवन काल में संश्लेषित किए थे। अर्थात हर तारे की मृत्यु आस-पास के अन्तरतारकीय माध्यम को अपेक्षाकृत भारी तत्वों से समृद्ध कर देती है। चूँकि तारों की नई-नई पीढ़ियाँ इसी अन्तरतारकीय गैस से जन्म लेती हैं, इसलिए यह चक्र दोहराया जाता है।

तारों का जन्म

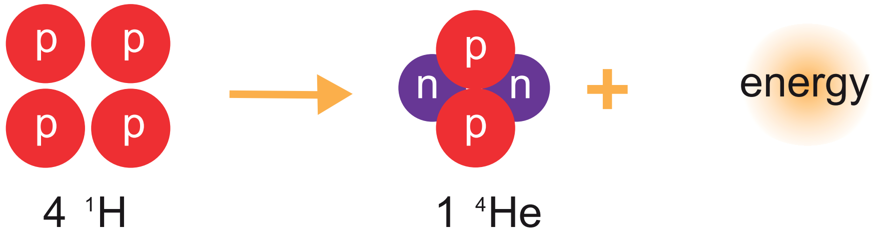
तारे हाइड्रोजन गैस के विशाल गोलों के रूप में जन्म लेते हैं, जिसमें अल्प मात्रा में हीलियम भी होती है। उनका पूरा जीवन हाइड्रोजन से शुरू करके हल्के तत्वों से भारी तत्वों के निर्माण में बीतता है। किन्तु हमें यह बात पता कैसे चली?

हालाँकि हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में अरबों तारे हैं, लेकिन वे हमसे बहुत दूर हैं। यदि हम इतनी बड़ी-बड़ी दूरियाँ तय करने का तरीक़ा खोज लें, तो भी हम उन पर उतर नहीं सकेंगे – वे जिस विपुल मात्रा में ऊर्जा छोड़ते हैं, उसके आगे हम जीवित नहीं रहेंगे (**देखें चित्र-3**)। इन कठिनाइयों के बावजूद हमने उनका अध्ययन करने के लिए कुछ चतुर तरीक़े खोज लिए हैं। इनमें से कुछ तरीक़े हमारे सबसे पास के तारे – यानी सूर्य – पर आधारित हैं। सूर्य से आने वाले प्रकाश का अध्ययन पहले प्रिज़्म की मदद से और फिर परिष्कृत वर्णक्रममापी यंत्रों की मदद से करने पर काली रेखाओं का एक विचित्र पैटर्न देखने को मिला। परमाणु वर्णक्रम के बारे में हमारी समझ कहती है कि ये रेखाएँ इसलिए उत्पन्न होती हैं क्योंकि सूर्य की सतह पर उपस्थित कुछ परमाणु निश्चित तरंग लम्बाइयों के प्रकाश का अवशोषण करते हैं। हम यह निष्कर्ष निकाल पाए हैं कि ये रेखाएँ उत्पन्न करने वाले तत्व हाइड्रोजन, सोडियम, हीलियम, मैग्नीशियम और कैल्शियम वग़ैरह हैं। अलबत्ता, इन अवलोकनों की मदद से हम मात्र सूर्य की सतह के संघटन का अध्ययन कर पाते हैं। फिर हमें सूर्य के केन्द्रीय भाग (कोर) का संघटन कैसे पता?



चित्र-3 : SOHO अन्तरिक्ष वेधशाला द्वारा खींचा गया सूरज का फ़ोटो। सूरज की सतह का तापमान लगभग 6500 केल्विन है।
Credits: NASA/SDO (AIA), Wikimedia Commons. URL: https://simple.wikipedia.org/wiki/File:The_Sun_by_the_Atmospheric_Imaging_Assembly_of_NASA%27s_Solar_Dynamics_Observatory_-_20100819.jpg. License: CC-BY.

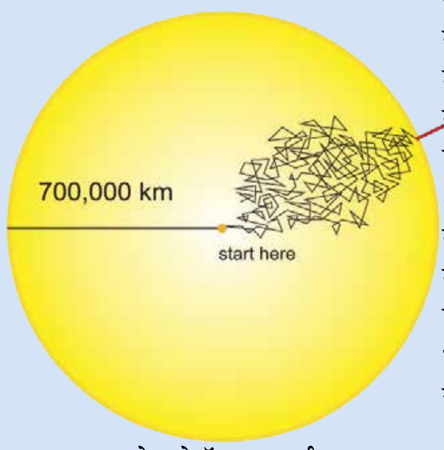
यह विचार 1930 के दशक में ध्यान आकर्षित करने लगा था कि हाइड्रोजन के परमाणु नाभिकीय संलयन नामक प्रक्रिया (**देखें चित्र-4**) के माध्यम से संलयित होकर हीलियम का परमाणु बना सकते हैं। इस प्रक्रिया में भारी मात्रा में ऊर्जा मुक्त होगी। अलबत्ता, इस बात के प्रमाण 1985 में जाकर मिलने लगे कि हो सकता है कि सूर्य के केन्द्र में यह प्रक्रिया हो रही हो और भारी मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न हो रही हो। इसके प्रमाण हमें केमिओकांडे (सुपर-के) डिटेक्टर के निर्माण के बाद मिलने लगे थे। ये डिटेक्टर पृथ्वी की सतह से 1000 मीटर की गहराई पर लगाए गए हैं और इन्हें इस तरह बनाया गया है कि ये उप-परमाणविक कणों (जैसे सौर न्यूट्रिनो) को पकड़कर उनका अध्ययन कर सकें। न्यूट्रिनो (जिन्हें कभी-कभी भुतहा कण भी कहते हैं) निहायत छोटे, लगभग संहति-विहीन और आवेश-विहीन कण होते हैं जो तक़रीबन प्रकाश की रफ़्तार से चलते हैं। चूँकि हम इनके बनने का कोई और तरीक़ा नहीं जानते, इसलिए इनकी उपस्थिति को सूर्य के कोर में चल रही नाभिकीय संलयन की क्रिया का प्रमाण माना जाता है।



चित्र-4 : सूरज की चमक हाइड्रोजन नाभिकों (प्रोटॉन) के संलयन द्वारा हीलियम के नाभिक बनाने की क्रिया की बदौलत है। चार हाइड्रोजन नाभिक संलयित होकर हीलियम का एक नाभिक बनाते हैं। एक हीलियम नाभिक का द्रव्यमान चार प्रोटॉन्स के द्रव्यमान के योग से 0.7 प्रतिशत कम होता है। द्रव्यमान में होने वाली यह कमी ऊर्जा के रूप में मुक्त हो जाती है। यह ऊर्जा सूरज के अन्दरूनी भाग को गर्म करती है और सतह से विकिरित हो जाती है।
Credits: Adapted from Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

सूर्य की सतह, जो हमें आँखों से बग़ैर किसी उपकरण की मदद के दिखाई देती है, उसे फ़ोटोस्फ़ीयर कहते हैं। अनुमानों के मुताबिक़ इस परत से प्रति सेकंड क़रीब $3.8\text{x}10^{26}$ जूल ऊर्जा अन्तरिक्ष में फ़ोटॉन के रूप में छोड़ी जाती है (**देखें बॉक्स-1**)। भारत में सारे पनबिजली संयंत्र मिलकर साल भर में जितनी ऊर्जा उत्पन्न करते हैं यह उससे अरबों गुना ज़्यादा है। और निश्चित तौर पर सूर्य फ़ोटोस्फ़ीयर के ज़रिए जितनी ऊर्जा बाहर फेंकता है, उससे कहीं अधिक ऊर्जा का उत्पादन करता है जिसमें से अधिकांश तो उसके अन्दरूनी भाग को गर्म करने में ख़र्च हो जाती है (**देखें चित्र-6**)।

बॉक्स-1 : करोड़ों वर्षों की यात्रा



चित्र-5 : प्रकाश के फ़ोटॉन का मार्ग।
Credits: Adapted from images from National Geographic.

फ़ोटॉन प्रकाश के कण होते हैं। जब तारे के अन्दर होते हैं तो गैस के कण इन्हें लगातार इधर-उधर धकेलते यानी स्कैटर करते रहते हैं। ऐसी प्रत्येक अन्तरक्रिया में कुछ ऊर्जा का ह्रास होता है (**देखें चित्र-5**)। इस वजह से जब ये फ़ोटॉन सूरज की बाहरी परतों तक पहुँचते हैं, इनकी ऊर्जा शुरुआती ऊर्जा के मुक़ाबले लाखों गुना कम हो चुकी होती है। यही वे फ़ोटॉन हैं जो बाह्य अन्तरिक्ष में मुक्त विचरते हैं और यही हमें सूर्य के प्रकाश के रूप में नज़र आते हैं।

गणनाओं से पता चलता है कि तारे के अन्दर कोई भी फ़ोटॉन किसी इलेक्ट्रॉन या आयन से टकराने से पहले मिलीमीटर के भी दसवें भाग के बराबर यात्रा कर पाता है। अर्थात फ़ोटॉन जिस मार्ग पर आगे बढ़ेगा वह काफ़ी मोड़दार (ज़िगज़ैग) होगा और हर दो टक्करों के बीच वह छोटी-सी दूरी तय करेगा। ऐसी चाल को बेतरतीब चहलक़दमी या रैंडम वॉक कहते हैं। हमने इसका विवरण देने के लिए कुछ मॉडल्स भी विकसित किए हैं। एक मॉडल के अनुसार यदि कोई कण दो लगातार टक्करों के बीच ‘d’ दूरी तय करता है तो N टक्करों के बाद वह sqrt(N) x d दूरी तय कर लेगा।

चुनौती : आप आसानी से गणना कर सकते हैं कि सूरज के कोर में निर्मित किसी फ़ोटॉन को सतह (फ़ोटोस्फ़ीयर) तक आने में कितना समय लगेगा। सूरज की त्रिज्या 7 लाख किलोमीटर है। मान लीजिए कि दो लगातार टक्करों के बीच फ़ोटॉन एक मिलीमीटर के दसवें भाग के बराबर दूरी तय कर पाता है। फ़ोटॉन का वेग प्रकाश के वेग के बराबर है यानी 3 लाख किलोमीटर प्रति सेकंड।

सुराग़ : यह गणना कीजिए कि फ़ोटॉन को सूरज के अन्दर कितनी दूरी तय करनी होगी (यानी सूरज की त्रिज्या)। यह ऊपर के समीकरण में N का मान है। इसे 0.1 मिलीमीटर से गुणा कीजिए जो प्रत्येक क़दम की लम्बाई है। इससे आपको यह पता चल जाएगा कि फ़ोटॉन को कोर से सतह तक पहुँचने में कितनी दूरी तय करनी होगी। इस दूरी में प्रकाश के वेग का भाग देने पर पता चल जाएगा कि किसी फ़ोटॉन को कोर से सतह तक पहुँचने में कितना समय लगेगा।

आपको जो मान मिलेगा वह 5 लाख वर्ष के लगभग आएगा। सूर्य के प्रकाश को सूर्य से निकलने में इतना समय लगता है। थोड़ी देर विचार कीजिए कि सूर्य के कोर में बने फ़ोटॉन को 7 लाख किलोमीटर की दूरी तय करके सूर्य की सतह तक पहुँचने में 5 लाख वर्ष लग जाते हैं। एक बार फ़ोटोस्फ़ीयर के पार निकलने के बाद इसी फ़ोटॉन को 15 करोड़ किमी दूर पृथ्वी तक पहुँचने में मात्र 8 मिनट का समय लगता है। इस अन्तर का कारण यह है कि सूर्य के अन्दर फ़ोटॉन को अत्यन्त सघन पदार्थ का सामना करना पड़ता है। सूर्य के अन्दर पदार्थ का घनत्व सूर्य से पृथ्वी के बीच के विशाल अन्तरिक्ष के मुक़ाबले एक लाख गुना अधिक है।

सूर्य हमें जितना चमकीला दिखता है, उसके आधार पर भौतिकशास्त्रियों ने यह गणना की है कि उसके कोर में नाभिकीय संलयन की क्रिया किस रफ़्तार से हो रही होगी। और यह रफ़्तार बहुत अधिक है (**देखें बॉक्स-2**)। इतनी अधिक ऊर्जा उत्पादन को देखते हुए आश्चर्य होता है कि सूर्य फट क्यों नहीं जाता। ऐसा लगता है कि सारे तारों में एक सुरक्षा व्यवस्था होती है जो विस्फोट को रोकती है। तो यह सुरक्षा व्यवस्था काम कैसे करती है?

गैस (मुख्यतः हाइड्रोजन) का बादल तब तारा बन जाता है जब गुरुत्वाकर्षण की वजह से उसके परमाणु खिंचकर निकट आने लगते हैं। जैसे-जैसे गैस के कणों के बीच लग रहा गुरुत्वाकर्षण बल पदार्थ को संकुचित करके छोटे आकार में समेटता है, यह बादल धीरे-धीरे एक गेंद में तब्दील हो जाता है। जब यह बादल सिकुड़ता है तो धीरे-धीरे इसका घनत्व बढ़ते-बढ़ते इतना अधिक हो जाता

बॉक्स-2 : सूरज का ऊर्जा उत्पादन

सूरज के अन्दर हाइड्रोजन के संलयन से उत्पादित ऊर्जा की गणना आसानी से की जा सकती है। शुरुआत हम वहाँ से करते हैं जहाँ चार हाइड्रोजन नाभिक (प्रोटॉन) संलयित होकर एक हीलियम नाभिक बनाते हैं। हम जानते हैं कि

एक प्रोटॉन का द्रव्यमान = 1.67×10^{-27} किग्रा

एक हीलियम नाभिक का द्रव्यमान = 6.64×10^{-27} किग्रा

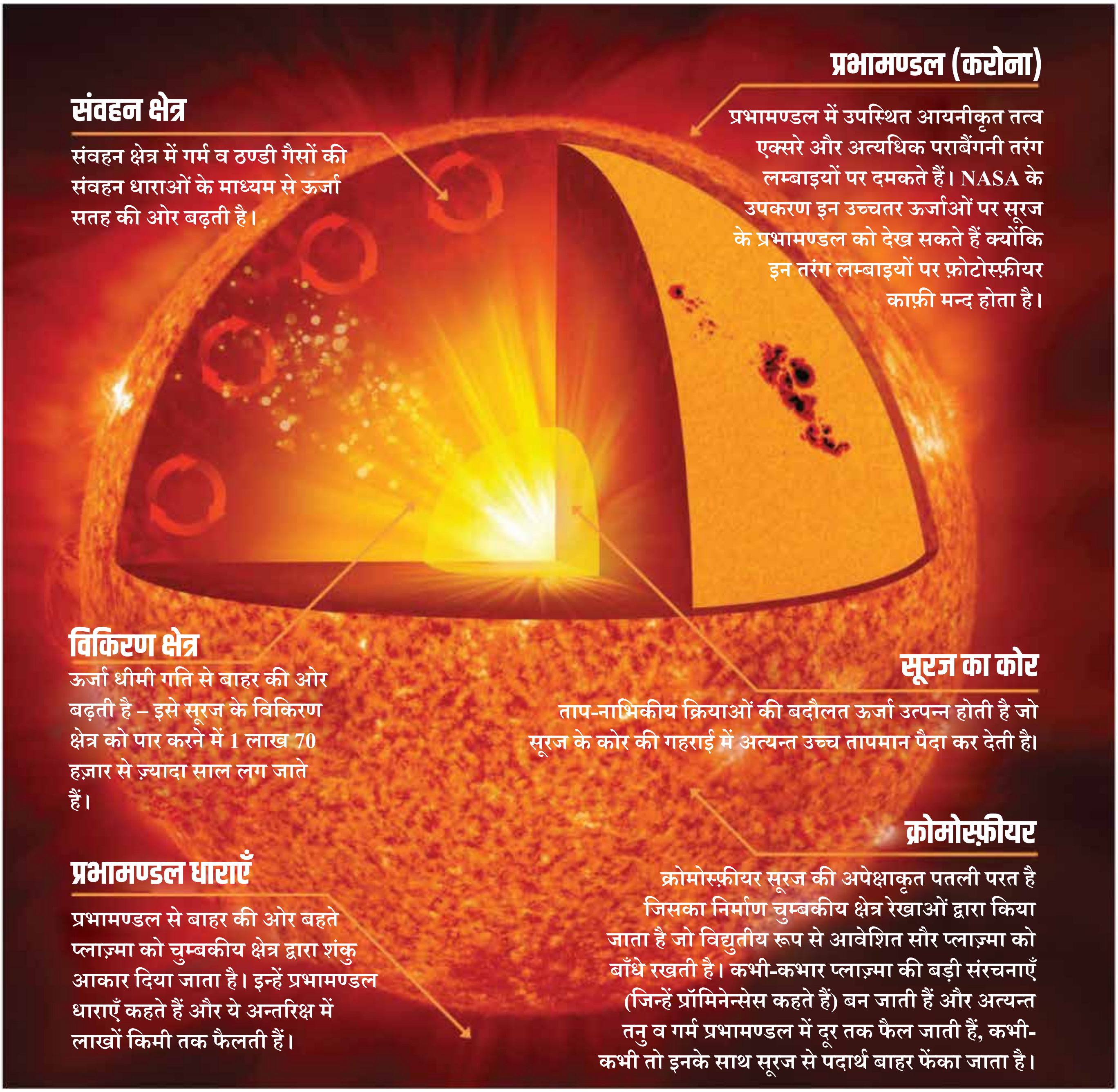
द्रव्यमानों में अन्तर (डेल्टा m) = $(4 \times 1.67 - 6.64) \times 10^{-27}$ किग्रा

आइंस्टाइन के संहति-ऊर्जा तुल्यता के सिद्धान्त के मुताबिक़ द्रव्यमान में यह अन्तर ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। अर्थात

E = डेल्टा mc^2

c प्रकाश का वेग है। यदि प्रकाश के वेग का मान अधिकतम (3×10^8 मीटर प्रति सेकंड) लें तो इस प्रक्रिया में मुक्त ऊर्जा का मान तक़रीबन 4×10^{-12} जूल आता है।

इतनी ऊर्जा चार हाइड्रोजन नाभिकों के संलयन से उत्पन्न होती है। सूरज के अन्दर एक साथ ऐसी बहुत सारी क्रियाएँ होती रहती हैं और सूरज का ऊर्जा उत्पादन इन सबका योग होता है। हम यह भी अनुमान लगा सकते हैं कि हर सेकंड कितनी हाइड्रोजन संलयन क्रियाएँ होती हैं। प्रति सेकंड हाइड्रोजन संलयन की क्रियाएँ = सूरज द्वारा प्रति सेकंड मुक्त ऊर्जा/ एक संलयन क्रिया से उत्पन्न ऊर्जा = 3.8×10^{26} जूल/ सेकंड/ 4×10^{-12} जूल। इससे पता चलता है कि सूरज के अन्दर प्रति सेकंड क़रीब 10^{38} संलयन क्रियाएँ होती हैं। दूसरे शब्दों में सूरज के अन्दर प्रति सेकंड क़रीब 10^{38} हाइड्रोजन नाभिक हीलियम में तब्दील हो रहे हैं।



चित्र-6 : सूरज की आड़ी काट। सूरज की सतह को फ़ोटोस्फ़ीयर कहते हैं। इसके नीचे गैस की कई परतें होती हैं, जो कोर के इर्द-गिर्द लिपटी होती हैं और उसे हमारी नज़रों से ओझल रखती हैं। लेकिन कोर में घनत्व और तापमान इतने अधिक होते हैं कि संलयन क्रिया हो सके। इस क्रिया में उत्पन्न ऊर्जा धीरे-धीरे गैस की परतों को चीरती हुई फ़ोटोस्फ़ीयर तक पहुँचती है। सतह पर पहुँचने के बाद इसे फ़ोटॉन के रूप में बाहर विकिरित कर दिया जाता है।
Credits: © NASA/SOHO.

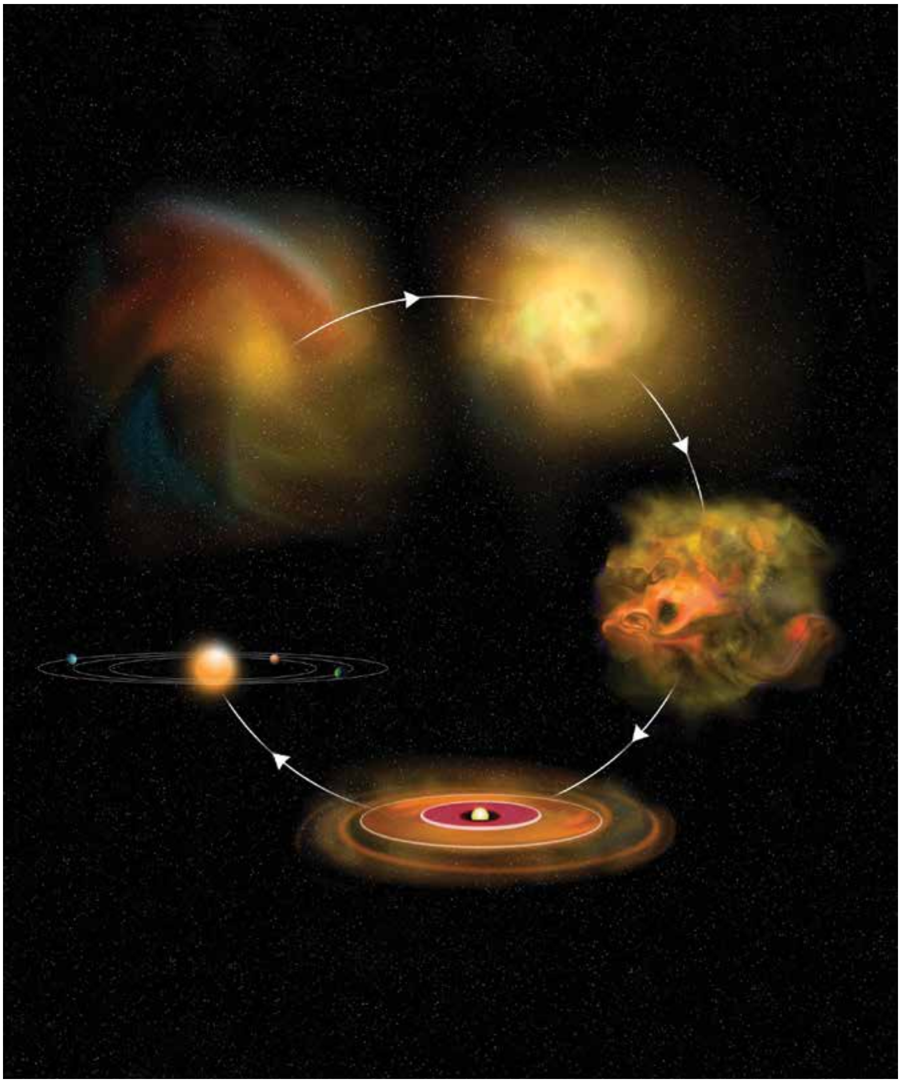
है कि नाभिकीय संलयन की क्रिया शुरू हो जाती है (**देखें चित्र-7**)।

अलबत्ता, एक मर्तबा संलयन शुरू हो जाए, तो गुरुत्व के विरुद्ध एक प्रति-दाब लगने लगता है। कोर में हाइड्रोजन परमाणुओं के संलयन के फलस्वरूप बने फ़ोटॉन बाहर फ़ोटोस्फ़ीयर की ओर गति करते हुए, गैस की परतों पर बाहर की ओर दबाव डालते हैं। भौतिकशास्त्री इसे विकिरण दाब कहते हैं। यह दाब कोर पर सर्वाधिक होता है और सूरज की बाहरी परतों में क्रमशः कम होता जाता है। जब विकिरण गैस को गर्म कर देता है तो एक और दबाव (गैसीय दबाव) बढ़ने लगता है। गैस जितनी गर्म होगी, उसका दबाव उतना ही अधिक होगा। यह गैसीय दबाव वही असर डालता है जो विकिरण दबाव डालता है – गैसों की परतों को बाहर की ओर धकेलना। तारे के अन्दर गैस की हर परत में बाहर की ओर धकेलने वाले विकिरण दबाव और गैसीय दबाव का योग और अन्दर की ओर कार्य कर रहे गुरुत्व बल के बीच सन्तुलन स्थापित हो जाता है। यह सन्तुलन तारे को एक साम्यावस्था में बनाए रखता है – न तो उसे गुरुत्व बल के कारण और सिकुड़ने देता

है और न ही विकिरण व गैसीय दाब के मिले-जुले प्रभाव से फैलने देता है। भौतिकशास्त्री इसे द्रव-स्थैतिक (हायड्रोस्टेटिक) साम्यावस्था कहते हैं। यह तारों में एक क़ुदरती सुरक्षा व्यवस्था की तरह काम करती है (**देखें चित्र-8**)। इस सन्तुलन में किसी भी गड़बड़ी के कारण नाटकीय परिवर्तन हो सकते हैं, जो कभी-कभी तारे के लिए नुक़सानदायक होते हैं।

तारे की प्रौढ़ावस्था

किसी तारे का द्रव्यमान ही उसकी आयु का निर्धारण करता है। सूरज हमारा चहेता हो सकता है लेकिन ब्रह्माण्ड के विशाल पैमाने पर सूरज एक मध्यम दर्जे का तारा है। हमारी अपनी निहारिका में ही कई तारे हैं जो सूरज से कहीं अधिक बड़े हैं और उससे ज़्यादा चमकीले हैं (**देखें चित्र-9**)। इन तारों की आयु प्रायः कम होती है। इन्हें उच्च-द्रव्यमान तारे कहते हैं। जितना अधिक द्रव्यमान होगा गुरुत्व जनित संकुचन भी उतना अधिक होगा। अन्दर की ओर इस खिंचाव का प्रतिरोध करने और द्रव-स्थैतिक सन्तुलन बनाए रखने के लिए इन उच्च-द्रव्यमान तारों को अपने कोर में हाइड्रोजन का दहन कहीं ज़्यादा रफ़्तार से करना पड़ता है। उदाहरण के लिए, अनुमानों से पता चलता है कि सूरज से तीन गुना अधिक द्रव्यमान वाले तारे के कोर में उपस्थित सारी हाइड्रोजन क़रीब आधा अरब साल में चुक जाएगी जबकि यदि तारे का द्रव्यमान सूरज से 15 गुना ज़्यादा हो, तो यही काम 1.5 करोड़ वर्षों में हो जाएगा। उल्टी तरफ़ से गणना करें, तो जिस तारे का द्रव्यमान सूरज का 10वाँ भाग



चित्र-7 : तारों के जन्म के चरण। गैस के ठण्डे, सघन बादल के अन्दर एक खण्ड अपने ही गुरुत्वाकर्षण के कारण सिकुड़ने लगता है। यह सिकुड़ना तब तक जारी रहता है जब तक कि इसके केन्द्र में एक तारे और आस-पास ग्रहों का निर्माण नहीं हो जाता। जब इस सिकुड़ते खण्ड के केन्द्रीय भाग का तापमान 1 करोड़ केल्विन के बराबर और घनत्व लगभग 160 ग्राम प्रति घन सेमी (सीसे के घनत्व से लगभग 10 गुना) हो जाता है, तब तारे का जन्म होता है।

Credits: © National Radio Astronomy Observatory/National Science Foundation.

बॉक्स-3 : सूरज की आयु

ब्रह्माण्ड के समस्त तारों के समान हमारे सूरज को भी मरना है। इसके पूरा चुक जाने से पहले हमारे पास कितना समय है?

सौभाग्यवश, इस समयावधि की गणना एकदम सरल है। इस गणना के लिए हमें तीन बातें पता होनी चाहिए :

1. सूरज प्रति सेकंड कितनी ऊर्जा छोड़ता है?
2. सूरज के कोर में संलयन के लिए कितनी हाइड्रोजन उपलब्ध है?
3. हाइड्रोजन संलयन कितनी कुशलता से द्रव्यमान को ऊर्जा में परिवर्तित करता है?

सूरज का कुल द्रव्यमान 2×10^{30} किग्रा है। इसका क़रीब 10 प्रतिशत यानी 2×10^{29} किग्रा कोर में है जहाँ संलयन क्रिया होती है।

हाइड्रोजन से हीलियम संलयन की क्रिया 0.7 प्रतिशत की कुशलता से सम्पन्न होती है। दूसरे शब्दों में, सूरज के कोर के कुल द्रव्यमान का मात्र 0.7 प्रतिशत ही ऊर्जा में परिवर्तित होता है। इन दो बातों के आधार पर हम यह गणना कर सकते हैं कि अपने पूरे जीवनकाल में सूरज कितनी ऊर्जा विकिरित करेगा। यह $2 \times 10^{29} \times c^2$ जूल्स आती है (आइंस्टाइन के तुल्यता सिद्धान्त $E = mc^2$ के आधार पर)।

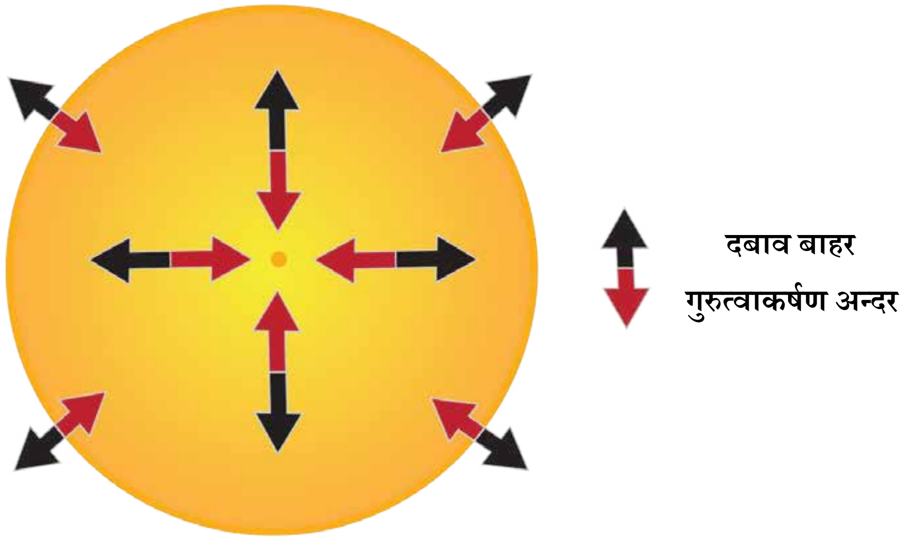
इसके आधार पर हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि सूरज से प्रति सेकंड 3.8×10^{26} जूल ऊर्जा निकलती है (इसे दीप्ति या luminosity भी कहते हैं)।

इस दीप्ति पर सूरज $1.3 \times 10^{44} / 3.8 \times 10^{26} = 3 \times 10^{17}$ सेकंड तक चमकता रह सकता है। यह लगभग 10 अरब साल के बराबर है। फ़िलहाल सूरज लगभग 5 अरब वर्ष पुराना है। अर्थात वह अपनी आधी उम्र गुज़ार चुका है। सारा हाइड्रोजन ईंधन चुकने से पहले उसके पास 5 अरब वर्ष और हैं।

है, उसके कोर की हाइड्रोजन हज़ारों अरब साल तक चलेगी।

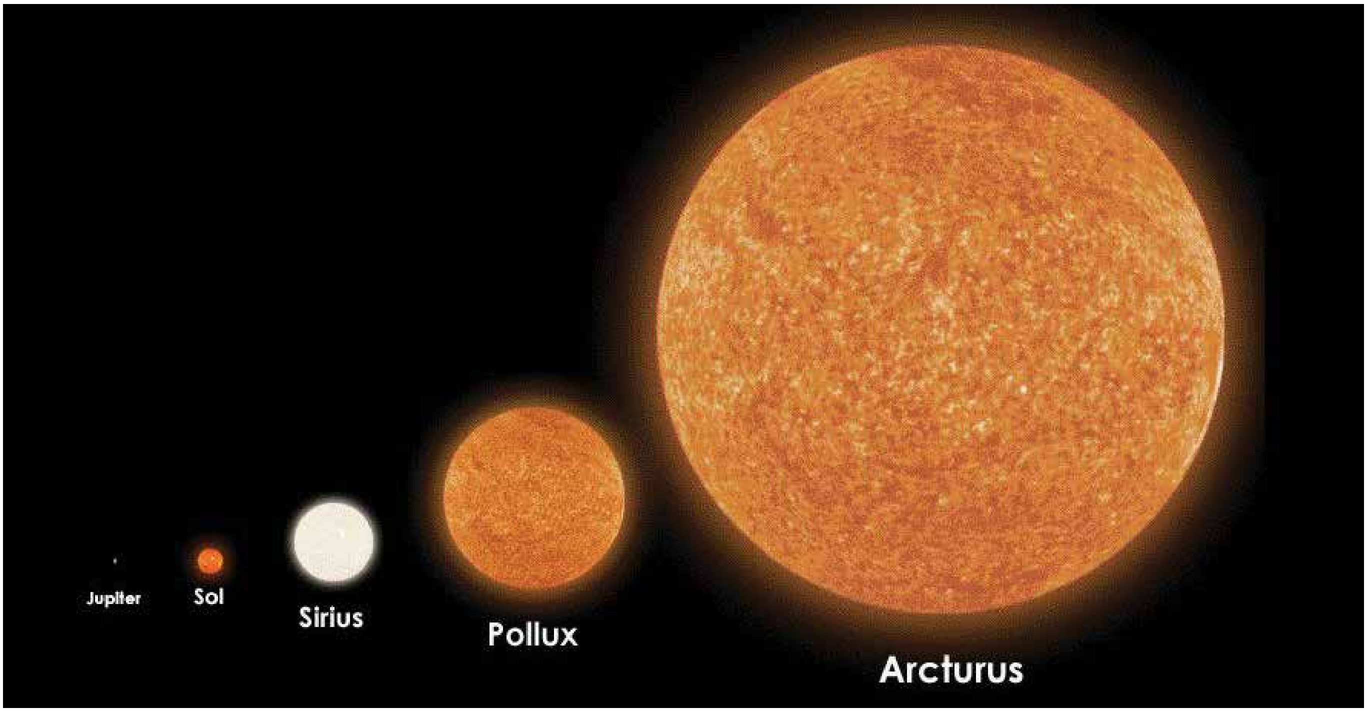
(क) कम द्रव्यमान वाले तारों की लम्बी उम्र

खगोलशास्त्री सूरज और सूरज से आठ गुना अधिक द्रव्यमान तक के तारों को अल्प-द्रव्यमान तारे के रूप में वर्गीकृत करते हैं। ऐसे तारों के जीवन की प्रमुख घटनाएँ कमोबेश एक-सी होती हैं। किसी भी तारे के जीवन का सबसे बड़ा हिस्सा तो वह होता है जब हाइड्रोजन से हीलियम बनती है। सूरज जैसे किसी तारे के लिए यह अवस्था लगभग 10 अरब साल चलती है। जब कोर में पूरी हाइड्रोजन ख़त्म हो जाती है तो संलयन रुक जाता है। गुरुत्व दाब का प्रतिरोध करने के लिए विकिरण दाब या गैसीय दाब की अनुपस्थिति में तारे का कोर सिकुड़ने लगता है। गुरुत्वाकर्षण की वजह से कोर के संकुचन के चलते उसके घनत्व



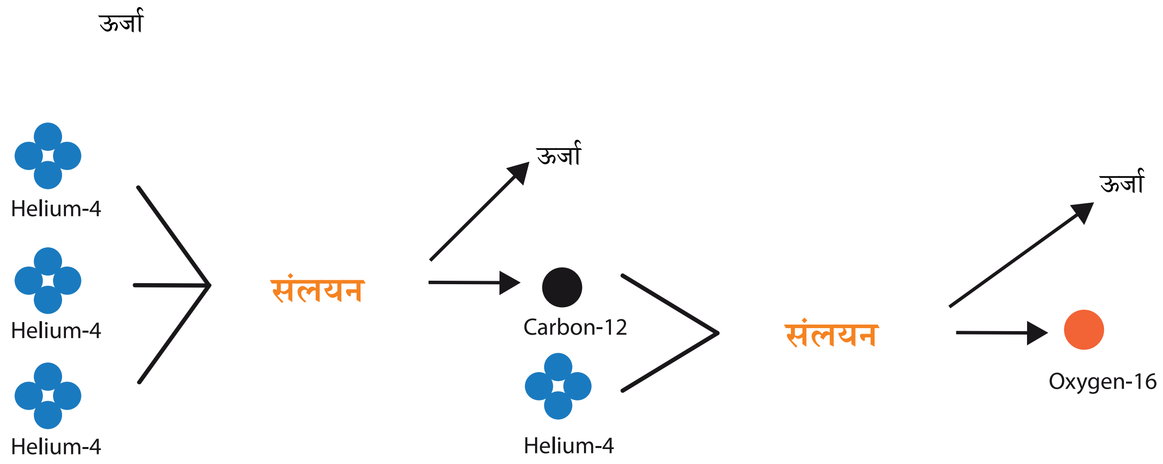
चित्र-8 : द्रव-स्थैतिक साम्यावस्था तारों के अन्दर दो प्रतिस्पर्धी दबावों को सन्तुलित करती है। किसी भी तारे में प्रत्येक परत अपने से नीचे वाली परत पर बोझ डालती है। गुरुत्व की वजह से उत्पन्न यह दबाव सतह पर सबसे कम होता है लेकिन क्रमशः अन्दरूनी परतों में बढ़ता जाता है। अर्थात गुरुत्व-जनित दबाव कोर पर सबसे अधिक होता है क्योंकि वह अपने ऊपर स्थित गैस की सारी परतों का दबाव झेलता है। तारे के अन्दर की हर परत पर अन्दर की ओर काम करने वाले गुरुत्व दबाव को संयुक्त रूप से उसके गैसीय दाब और विकिरण दाब द्वारा सन्तुलित किया जाता है, जो बाहर की ओर बल लगाते हैं।

Credits: Adapted from Pearson Prentice Hall Inc.



चित्र-9 : तारों के द्रव्यमान और आकार का परास। हमारा सूरज एक साधारण तारा है जिसका द्रव्यमान, आकार, तापमान और दीप्ति आकाशगंगा के कई अन्य तारों के मुक़ाबले कम हैं। इस चित्र में उदाहरण दिए गए हैं कि तारे कितने बड़े हो सकते हैं। सिरियस का द्रव्यमान सूरज से दोगुना है और उसका ऊर्जा उत्पादन (दीप्ति) सूरज से क़रीब 25 गुना अधिक है। पोलक्स नामक तारा द्रव्यमान में सूरज से दोगुना है लेकिन उसका आकार सूरज से 8 गुना अधिक है और इस वजह से उसकी दीप्ति सिरियस से कहीं अधिक है। तारा आर्कट्यूरस द्रव्यमान में लगभग सूरज के बराबर है किन्तु आकार में 25 गुना बड़ा है। वह सूरज से कहीं अधिक पुराना भी है और इसलिए इस वक्त वह अपने जीवन के बाद की अवस्था में है। खगोलशास्त्र की भाषा में आर्कट्यूरस लाल दानव बन चुका है (एक ऐसा तारा जो फूलकर खूब बड़ा हो जाए)। अपने विशाल आकार के चलते आर्कट्यूरस बहुत चमकीला भी है; सूरज से डेढ़ सौ गुना चमकीला।

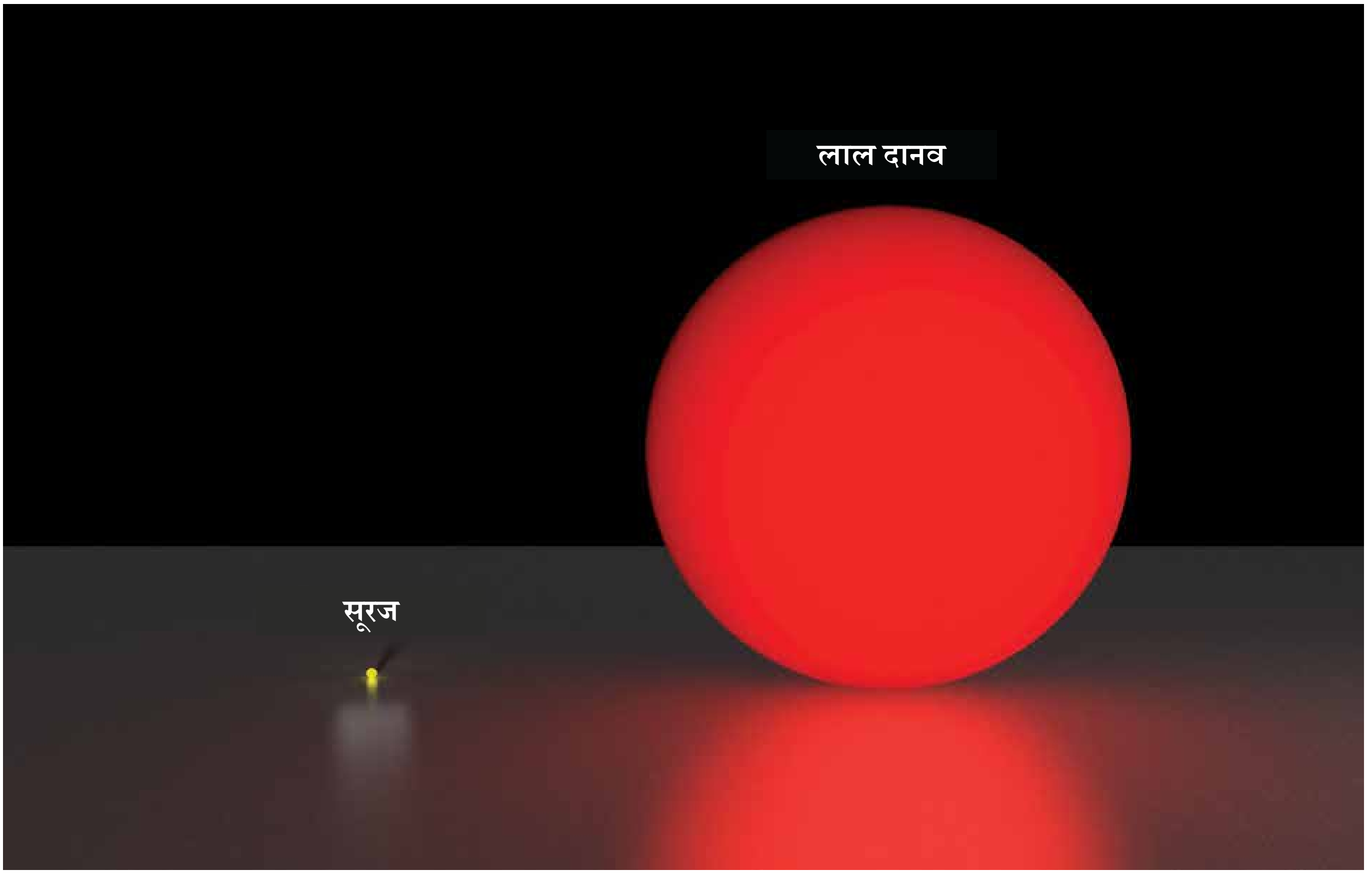
Credits: Star Sizes, Cooler-online.com. URL: http://www.pinsdaddy.com/star-sizes_CWubpRaKjLl8jZ9RU KRYKAlm7oW9NdakNAkwufGVgCI/ UAtyWSB1krTCq0i3t25eamGjJYaLWU9V7v8wokEFznYLVfchQhlopCq RQRAm93V3I5aZupQEHnwqzINTSP*rxQ/. License: CC-BY.



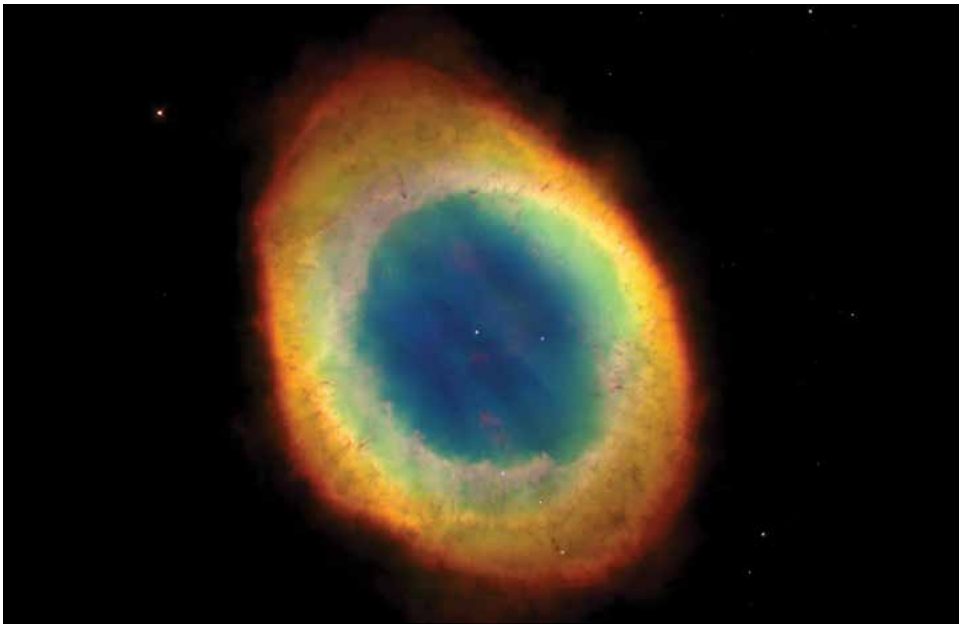
चित्र-10 : हीलियम नाभिकों के संलयन से कार्बन व ऑक्सीजन नाभिकों का निर्माण। इन क्रियाओं के फलस्वरूप ऊर्जा मुक्त होती है, जिसमें से कुछ का उपयोग तो तारे की गैस को गर्म करने में हो जाता है जबकि शेष बाहरी अन्तरिक्ष में पहुँच जाती है।

और तापमान बढ़ने लगते हैं (जैसे किसी बन्द बर्तन में तरल को दबाने पर होता है)। यह संकुचन काफ़ी समय तक चलता रहता है और एक स्थिति ऐसी आती है जब कोर का घनत्व और तापमान इतने बढ़ जाते हैं कि हीलियम का संलयन शुरू हो जाता है।

लिहाज़ा, इस अवस्था में तारे के अन्दर दो तरह की संलयन क्रियाएँ चल रही होती हैं। इनमें से एक कोर के अन्दर चलती है जिसमें हीलियम परमाणुओं का संलयन होकर कार्बन और ऑक्सीजन के परमाणु बनते हैं (**देखें चित्र-10**)। दूसरी होती है कोर के आस-पास के कवच में हाइड्रोजन से हीलियम का निर्माण। इन दोनों संलयन क्रियाओं से उत्पन्न ऊर्जा गुरुत्वाकर्षण द्वारा अन्दर की ओर लग रहे दबाव का प्रतिरोध करती है। इस तरह से एक बार फिर साम्यावस्था स्थापित हो जाती है।

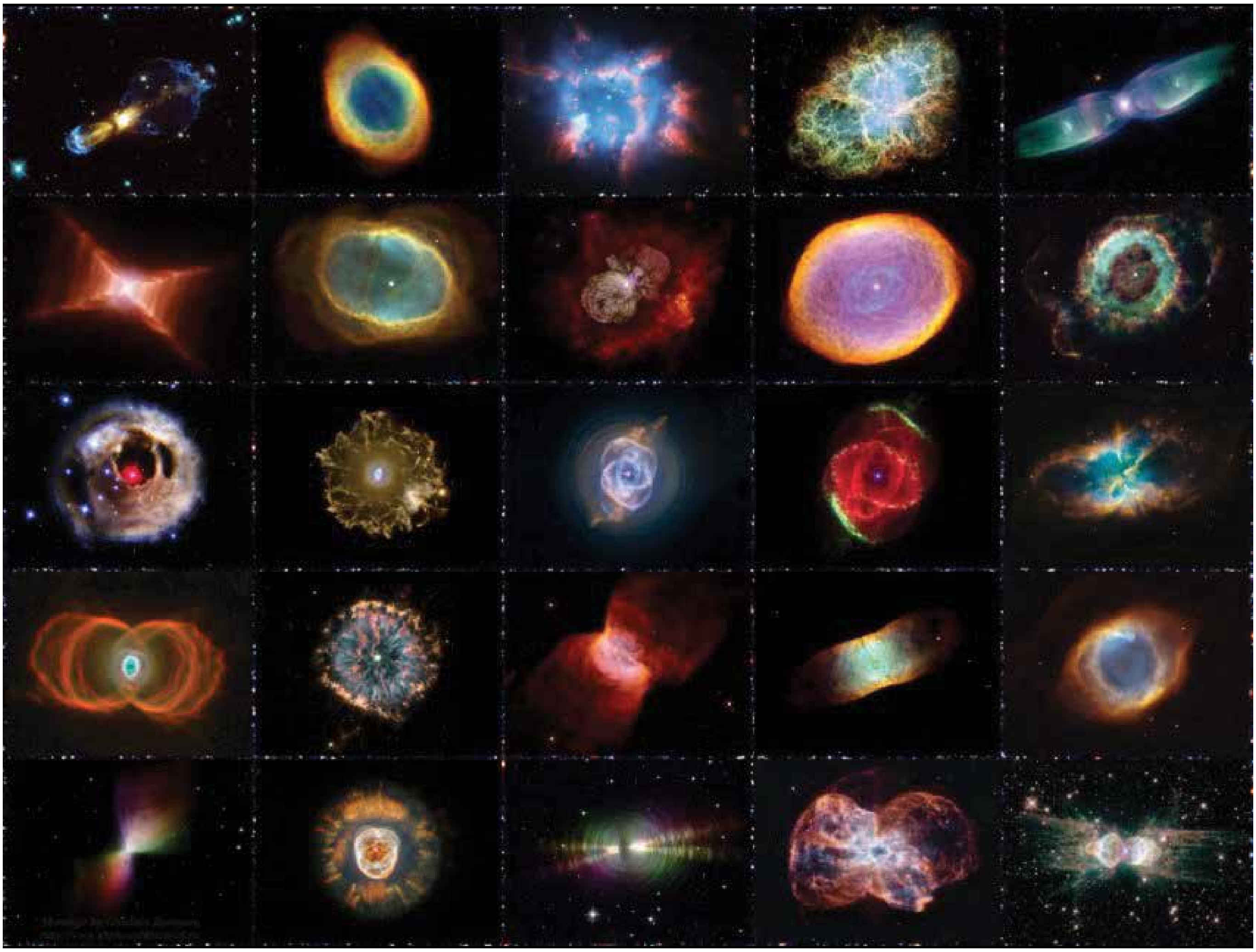


चित्र-11 : वर्तमान सूरज और लाल दानव के रूप में उसके भविष्य की तुलना। उम्र बढ़ने के साथ, सूरज फूलकर बड़ा होगा और अन्दरूनी सौर मण्डल में फैल जाएगा। वह बुध को तो निगल लेगा और शुक्र की कक्षा तक पहुँच जाएगा। पृथ्वी बहुत गर्म हो जाएगी, समुद्र वाष्पित हो जाएँगे और गर्म वायुमण्डल धरती के गुरुत्वाकर्षण से बाहर अन्तरिक्ष में पलायन कर जाएगा। यह सब लाल दानव सूरज की वजह से होगा।
Credits: Oona Räisänen (User:Mysid), User: Mrsanitazier., Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sun_red_giant.svg. License: CC-BY.

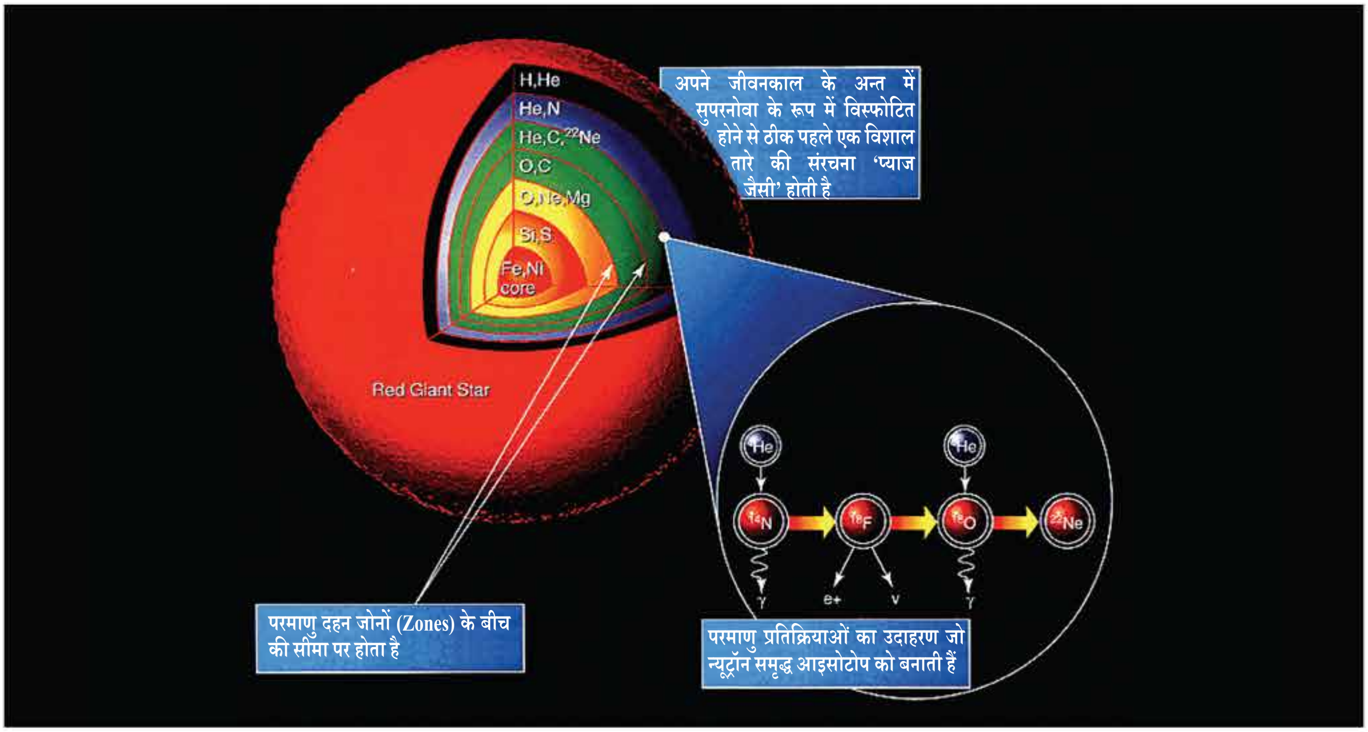


चित्र-12 : एक मशहूर ग्रहीय बादल दी रिंग नेबुला आज एक अल्प-द्रव्यमान का तारा है जो कभी सूरज के समान दमकता था। लाल, नारंगी और नीली आभा उस बिखरी हुई गैस की है जो कभी उस तारे का हिस्सा थी। अपने जीवन के अन्तिम दौर में तारा धीरे-धीरे अपना बाहरी आवरण फेंक देता है और उसका कोर उजागर हो जाता है। उजागर कोर एक श्वेत वामन होता है जहाँ पहले नाभिकीय क्रियाएँ सम्पन्न हुआ करती थीं। यह कार्बन और ऑक्सीजन नाभिकों से बना होता है। छोटे आकार के बावजूद श्वेत वामन तेज़ चमकता है क्योंकि उसका तापमान 10 करोड़ केल्विन होता है। जब श्वेत वामन अपनी ऊर्जा को धीरे-धीरे फ़ोटॉन के रूप में विकिरित कर देता है तो वह ठण्डा हो जाता है।

Credits: The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M57_The_Ring_Nebula.JPG. License: CC-BY.

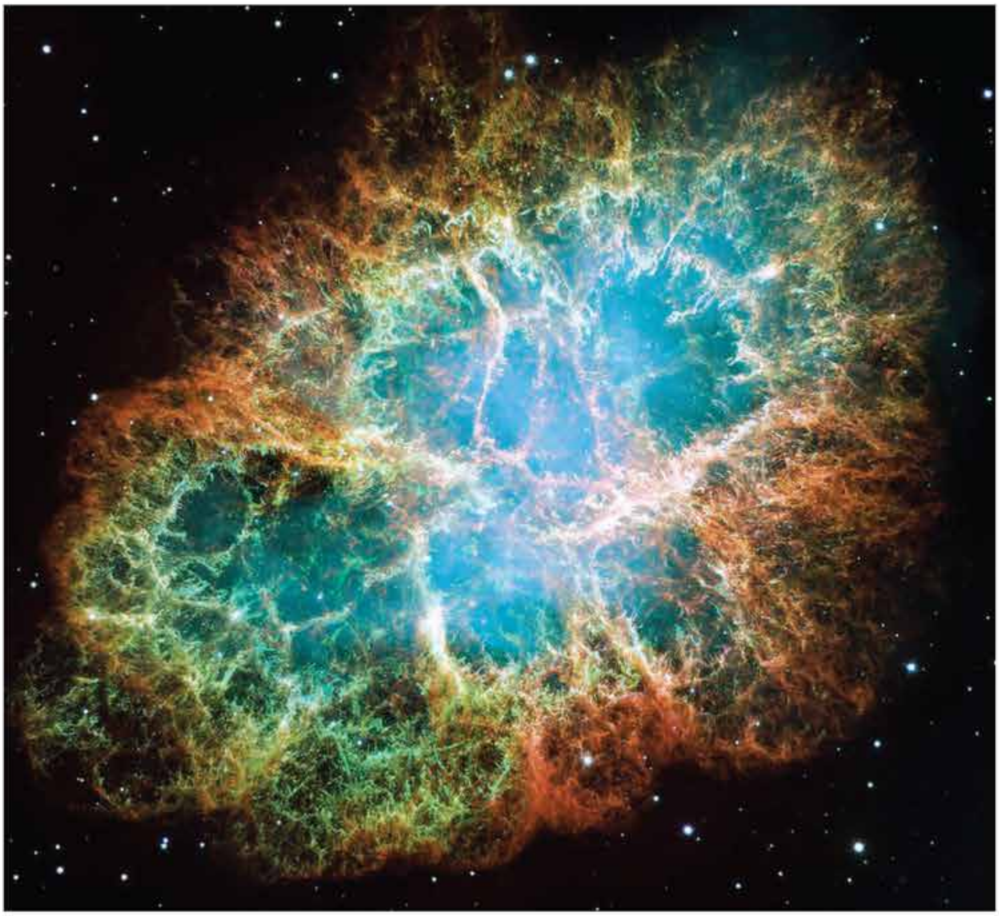


चित्र-13 : आकाशगंगा में ग्रहीय बादलों की दीर्घा (विथिका)। इस विथिका की हर तस्वीर सूरज जैसे अल्प-द्रव्यमान तारे की मृत्यु को दर्शाती है। वलयनुमा रचना वह गैस है जो कभी तारे का हिस्सा थी और अब एक धीमे फव्वारे के रूप में बाहर धकेली जा रही है। प्रत्येक ग्रहीय बादल के केन्द्र में श्वेत वामन है।
Credits: © NASA/ESA Hubble Space Telescope.



चित्र-14 : उच्च-द्रव्यमान तारे में नाभिकीय क्रिया। हाइड्रोजन संलयन के शुरुआती दौर के बाद तारे के जीवन की अलग-अलग अवस्थाओं में तारे के कोर और कोर से सटी परतों में अलग-अलग नाभिकीय क्रियाएँ होती हैं। परिणामस्वरूप विभिन्न तत्वों का संश्लेषण होता है और यह प्रक्रिया कोर में लौह के नाभिक बनना शुरू होने तक चलती रहती है।

Credits: Uber nemo, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nucleosynthesis_in_a_star.gif. License: CC-BY.



चित्र-15 : हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में सुपरनोवा विस्फोट के अवशेष। खगोलशास्त्रियों का अनुमान है कि यह तारा 1054 ईस्वी के आस-पास विस्फोटित हुआ होगा। दमकती गैसीय संरचना कभी तारे का हिस्सा थी। विस्फोट के कारण बाहर फैलती गैस में कई भारी तत्व हैं जिनका संश्लेषण तारे में हुआ था। इस सुपरनोवा के केन्द्र में एक न्यूट्रॉन तारा है, जो इस तस्वीर में नज़र नहीं आ रहा है।

Credits: NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University), Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Crab_Nebula.jpg. License: CC-BY.

अन्दर चल रहे इन परिवर्तनों की वजह से तारे के बाह्य रूप में भी काफ़ी परिवर्तन होता है। तारा बहुत अधिक फूल जाता है, अपने आकार से 100 से 1000 गुना बड़ा हो जाता है। ऐसे फूले हुए तारों को खगोलशास्त्री लाल दानव (रेड जायंट) कहते हैं (**देखें चित्र-11**)। अनुमान है कि हमारा सूरज क़रीब 5 अरब वर्ष बाद ऐसे ही परिवर्तनों से गुज़रेगा।

हाइड्रोजन संलयन से हीलियम निर्माण की तुलना में हीलियम के संलयन से कार्बन और ऑक्सीजन के निर्माण की प्रक्रिया ज़्यादा लम्बे समय तक नहीं चलती। सूरज जैसा कोई तारा हीलियम को जलाने का काम अधिक-से-अधिक 1 अरब वर्षों तक निभा पाएगा। अर्थात सूरज जैसे अल्प-द्रव्यमान वाले तारों में कार्बन और ऑक्सीजन का निर्माण उनके जीवन के आख़िरी चरण का द्योतक होता है (**देखें बॉक्स-3**)।

जब कोर में चल रही संलयन क्रिया थम जाती है, तो ऐसे तारे अपनी धीमी मगर दर्शनीय मृत्यु की तैयारी करने लगते हैं। जब ऐसा तारा अपनी अन्तिम अवस्था में पहुँचता है, तो उसके अन्दर ऊर्जा का उत्पादन काफ़ी ऊबड़-खाबड़ ढंग से होता है जिसके चलते तारा तेज़ी से धक-धक करने लगता है (उसका आकार घटता-बढ़ता है और चमक कम-ज़्यादा होती रहती है)। ऐसी धक-धक की वजह से तारा गैसों की अपनी परतें गँवाने लगता है। बाहर की जो परतें उड़ती हैं वे आस-पास के अन्तरिक्ष में बिखर जाती हैं। इसके चलते धीरे-धीरे तारे का कार्बन और ऑक्सीजन से बना कोर बाहर की दुनिया के सम्पर्क में आ जाता है। इन मरणासन्न तारों को खगोलशास्त्री ग्रहीय बादल (प्लेनेटरी नेबुला) कहते हैं और ये काफ़ी हैरतअंगेज़ लगते हैं (**देखें चित्र-12**)। तारे का चमकदार खुला कोर श्वेत वामन (व्हाइट ड्वार्फ) कहलाता है। हमारी अपनी निहारिका (आकाशगंगा) में दस हज़ार ग्रहीय बादल मौजूद हैं। ऐसा माना जाता है कि आकाशगंगा में उपस्थित हीलियम, कार्बन और ऑक्सीजन का थोड़ा हिस्सा ग्रहीय बादलों की पिछली पीढ़ी और उससे पहले उपस्थित तारकीय हवाओं से आया है। तो, हरेक अल्प-द्रव्यमान तारे की मृत्यु आस-पास के अन्तरतारकीय माध्यम में ये भारी तत्व पहुँचाती है (**देखें चित्र-13**)। फिर भी, अल्प-द्रव्यमान तारों की मृत्यु से भारी तत्वों में योगदान काफ़ी कम होता है। रासायनिक तत्वों का असली स्रोत तो उच्च-द्रव्यमान वाले तारों की मृत्यु है।

बॉक्स-4 : अनुत्तरित सवाल

तारों का जीवन-वृत्त खगोलशास्त्रियों का प्रिय विषय है। लगभग एक सदी के अथक अनुसन्धान ने तारों के गुप्त जीवन के बारे में कई दिलचस्प तथ्य उजागर किए हैं। अलबत्ता, कई सवाल आज भी अनुत्तरित हैं। उदाहरण के लिए, खगोलशास्त्र में एक बड़ा अज्ञात यह है कि ब्रह्माण्ड में बनी पहली-पहली वस्तुओं की प्रकृति क्या रही होगी। आम सहमति यही लगती है कि ये तारे ही थे, लेकिन वैसे नहीं जैसे वर्तमान में हम अपनी निहारिका में देखते हैं। पहले-पहले तारे, जो अरबों वर्ष पहले बने थे, वे सूरज से 100 गुना या उससे भी अधिक भारी थे। इनका जीवन संक्षिप्त (चन्द लाख साल) होता था लेकिन अत्यन्त घटना-प्रधान होता था। खगोलशास्त्री आज भी यह समझने का प्रयास कर रहे हैं कि ये पहले-पहले तारे कैसे बने होंगे और जब वे सुपरनोवा हुए होंगे तब उन्होंने अपने आस-पास के परिवेश को कैसे प्रभावित किया होगा।

सक्रिय खोजबीन के एक अन्य क्षेत्र का सम्बन्ध तारों के मलबों (अवशेषों) – श्वेत वामन और न्यूट्रॉन तारे से है। ये दोनों ही ब्रह्माण्ड के सबसे सघन पिण्डों में से हैं। धरती पर कोई प्रयोगशाला नहीं है जहाँ इतने सघन पदार्थ का निर्माण किया जा सके। इन विचित्र वस्तुओं के बारे में हमारी समझ पूर्णता से कोसों दूर है। सुपर-कम्प्यूटरों की मदद से खगोलशास्त्री आभासी तारों का निर्माण कर रहे हैं और फ़ास्ट फ़ॉरवर्ड गति से यह देखने की कोशिश कर रहे हैं उनका विकास कैसे होता है और यह समझने का प्रयास कर रहे हैं कि अवलोकन किस मॉडल के साथ सबसे अधिक मेल खाते हैं।

(ख) उच्च-द्रव्यमान तारों का संक्षिप्त असाधारण जीवन

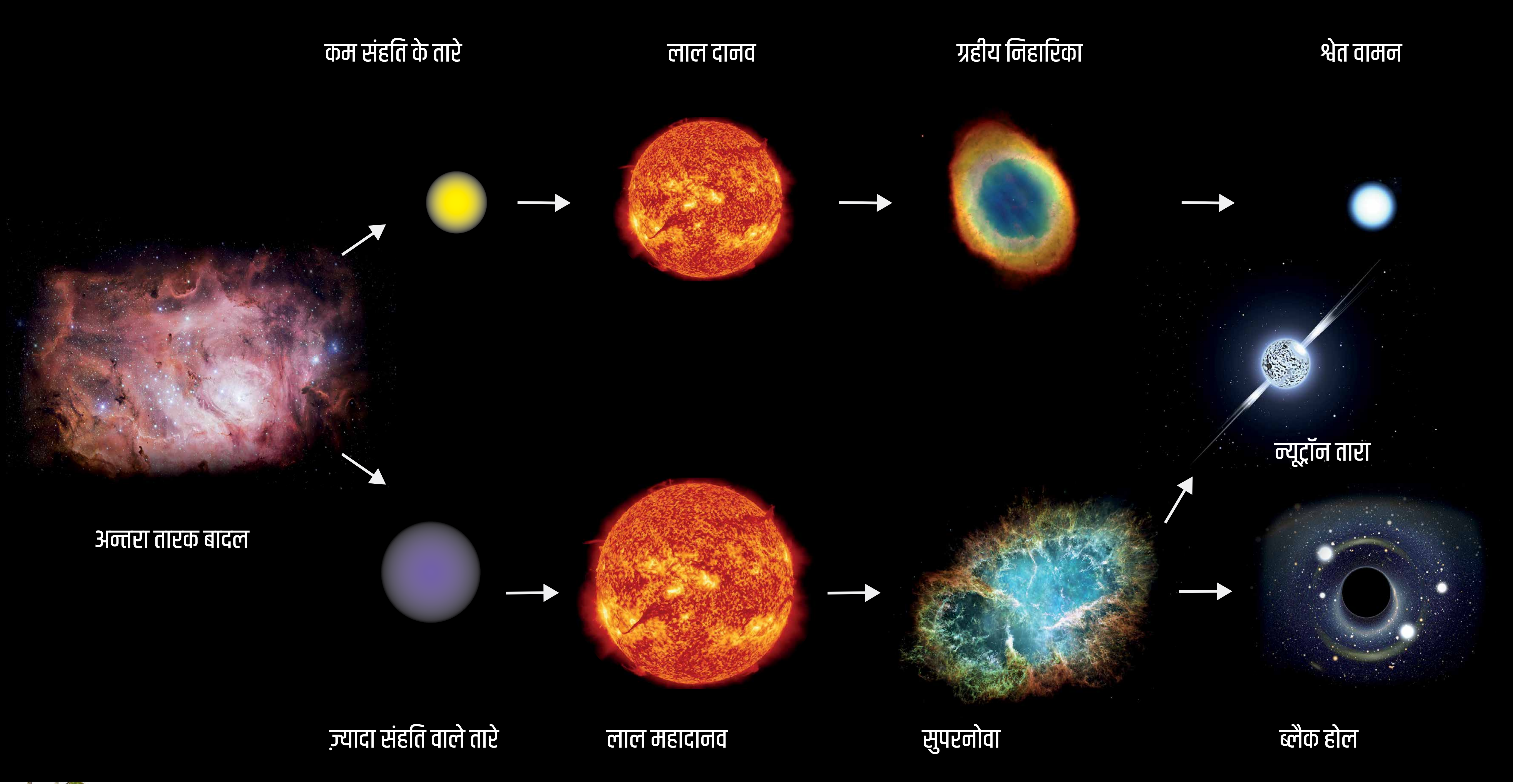
उच्च-द्रव्यमान वाले तारों की आयु अपेक्षाकृत कम होती है। किन्तु अन्तरतारकीय माध्यम को भारी तत्वों से समृद्ध करने में वे कहीं ज़्यादा महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। लगभग अल्प-द्रव्यमान तारों के ही समान उच्च-द्रव्यमान तारों के कोर में भी शुरुआत हाइड्रोजन को हीलियम में तब्दील करके ही होती है और फिर हीलियम को कार्बन तथा ऑक्सीजन में तब्दील करने की ओर बढ़ती है। अलबत्ता, उच्च-द्रव्यमान तारों में गुरुत्व-जनित दाब को सन्तुलित करने के लिए ये क्रियाएँ काफ़ी तेज़ रफ़्तार से होती हैं। लिहाज़ा, उच्च-द्रव्यमान वाले तारे सूरज जैसे तारों की तुलना में जल्दी फूलकर सुपर लाल दानव बन जाते हैं (जो लाल दानवों से कहीं अधिक बड़े होते हैं)। इसके अलावा, उच्च-द्रव्यमान तारों में संलयन का सफ़र कार्बन और ऑक्सीजन के संश्लेषण के साथ समाप्त नहीं होता। संलयन की क्रिया इस अवस्था के बाद भी चलती रहती है और इसके फलस्वरूप नियॉन, मैग्नीशियम, सिलिकॉन, गन्धक वग़ैरह बनते हैं। दरअसल, नाभिकीय संलयन के हर चरण पर एक नए तत्व का संश्लेषण होता है। और ये क्रियाएँ सिर्फ़ तारे के कोर में नहीं बल्कि उसके आस-पास की विभिन्न गैस परतों में होती हैं। तारों के विकास की यह एक ऐसी अवस्था है जहाँ तक अल्प-द्रव्यमान तारे कभी नहीं पहुँचते।

नाभिकीय संलयन की यह क्रमिक प्रक्रिया तब तक जारी रहती है जब तक कि तारे के कोर में लौह के कुछ नाभिक नहीं बन जाते। चूँकि लौह के नाभिक बहुत टिकाऊ होते हैं, वे आगे संलयित होकर ऊर्जा मुक्त करने में असमर्थ होते हैं। लिहाज़ा, कोर के पूरी तरह लौह में परिवर्तित होने के साथ ही तारा अपने जीवन के अन्तिम दौर में पहुँच जाता है (**देखें चित्र-14**)। किन्तु मरने से तुरन्त पहले यह तारा हमें एक अन्तिम अप्रतिम नज़ारे का तोहफ़ा देता है। तारे का कोर तेज़ी से संकुचित होता है जिसकी वजह से आघात तरंगें (शॉक वेव्स) चारों ओर फैलती हैं जिनकी वजह से एक उग्र विस्फोट में तारे के परखच्चे उड़ जाते हैं। ऐसे विस्फोट को सुपरनोवा कहते हैं (यह लैटिन शब्द नोवा से बना है जिसका अर्थ होता है नवीन)। जब ऐसा विस्फोट किसी

तारों का विकास

आनन्द नारायण

तारे की संहति उसकी उम्र का निर्धारण करती है। कम संहति वाले तारे लम्बे समय तक जीवित रहते हैं। उनका जीवन एक बेदम धीमे विस्फोट के साथ समाप्त होता है जिसे प्लेनेटरी नेबुला कहते हैं। इसके बाद जो कुछ शेष रहता है वह श्वेत वामन होता है। ज़्यादा संहति वाले तारे अपेक्षाकृत कम उम्र पाते हैं और उनके जीवन का अन्त ज़ोरदार सुपरनोवा विस्फोट के साथ समाप्त होता है। ये अपने पीछे या तो एक न्यूट्रॉन तारा छोड़ जाते हैं या ब्लैक होल।



Poster Design: Vidya Kamalesh

आनन्द नारायण भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान और टेक्नॉलॉजी संस्थान में खगोल भौतिकी पढ़ाते हैं। इनके शोध का विषय आकाशगंगाओं से बाहर बेरियोनिक पदार्थ के वितरण से सम्बन्धित है। वे नियमित रूप से खगोलविज्ञान से सम्बन्धित शैक्षणिक और प्रसार गतिविधियों में अपना योगदान देते रहते हैं। समय-समय पर वे दक्षिण भारत के सांस्कृतिक इतिहास की खोज में यात्रा करना भी पसन्द करते हैं।

अनुवाद : किशोर पंवार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

Image Credits - Black Hole: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/BH_LMC.png, Interstellar Cloud: https://en.wikipedia.org/wiki/Lagoon_Nebula#/media/File:VST_images_the_Lagoon_Nebula.jpg For detailed credits, please refer accompanying article: Evolution of Stars, iwonder, Issue 4, 2017.

निहारिका के अन्दर होता है तो उसके सामने निहारिका के सारे तारों की चमक फीकी पड़ जाती है। रात के आकाश को निहारते किसी प्रेक्षक के लिए ये सुपरनोवा आकाश में यकायक किसी चमकदार वस्तु की तरह प्रकट होते हैं। ये घटनाएँ इतनी असाधारण रूप से दर्शनीय होती हैं कि जिस निहारिका में यह विस्फोट होता है, वह इतनी दूर है कि हमें दिखाई नहीं देती, लेकिन यह विस्फोट दिखाई देता है।

इस विस्फोट में तारे का अन्दरूनी कोर (जिसका घनत्व बहुत अधिक होता है) ही साबुत बचता है (**देखें चित्र-15**)। यह कोर या तो न्यूट्रॉन तारे में बदल जाता है (जो सिर्फ़ न्यूट्रॉनों से बना होता है) या ब्लैक होल में (जो इतना सघन होता है कि इसमें कुछ भी, यहाँ तक कि प्रकाश भी, पलायन नहीं कर सकता)। खगोलशास्त्री न्यूट्रॉन तारों और ब्लैक होल्स, दोनों का अध्ययन काफ़ी चाव से करते हैं। विस्फोट के परिणामस्वरूप तारे का शेष पदार्थ अन्तरिक्ष में बिखर जाता है। सुपरनोवा की चमक बहुत देर तक नहीं रहती। इसका प्रकाश कई सप्ताह की अवधि में धीरे-धीरे क्षीण पड़ जाता है।

कई सुपरनोवा के प्रकाश के धुँधलाने के अवलोकनों ने दर्शाया है कि वह मुक्त न्यूट्रॉन को पकड़ लेता है और उनका उपयोग लौह से भारी कई तत्वों के संश्लेषण में करता है। अर्थात सैकड़ों लाखों सालों की अवधि में कोई उच्च-द्रव्यमान वाला तारा अपनी हाइड्रोजन को भारी तत्वों में बदल देता है। ये सब आस-पास के अन्तरतारकीय गैसीय बादल के हिस्से बन जाते हैं। इन बादलों में से ही तारों और ग्रहों की नई पीढ़ियों का निर्माण होता है।

एक मोटा अनुमान है कि आकाशगंगा में लगभग 10 करोड़ न्यूट्रॉन तारे और लगभग इतने ही ब्लैक होल्स हैं। इससे हमें संकेत मिलता है कि अतीत में सुपरनोवा की कितनी घटनाएँ हुई होंगी। खगोलशास्त्रियों का अनुमान है कि आकाशगंगा जैसी किसी निहारिका में हर सदी में कम-से-कम एक सुपरनोवा विस्फोट होता है। यह काफ़ी दुर्लभ घटना लगती है, तो ज़रा सोचिए कि आकाशगंगा और अन्य निहारिकाएँ कितने समय से अस्तित्व में रही होंगी।

ब्रह्माण्ड हमारे अन्दर ही है

तारों के विकास की कहानी का सम्बन्ध जितना तारों से है, उतना ही हमसे भी है (**देखें बॉक्स-4**)। एक मिनट के लिए कल्पना कीजिए कि यदि तारे न होते या होते भी तो यदि मृत्यु उनकी नियति न होती? क्या होता यदि वे अपनी ऊर्जा संलयन के अलावा किसी अन्य विधि से उत्पन्न करते? ऐसा होता तो प्रकृति में हाइड्रोजन से भारी कोई तत्व न बनता, शायद थोड़ी हीलियम बन जाती। पृथ्वी जैसे ग्रह, जो अधिकांशतः भारी तत्वों से बने हैं, वे कभी न बनते। जिस रूप में हम जीवन को जानते हैं, वह कभी साकार न होता। इस तरह से तारों का विकास हमारे लिए महत्त्वपूर्ण है। हमारे शरीर के हर परमाणु की उत्पत्ति किसी तारे में हुई है जो 5 अरब वर्ष से भी पहले जिया और मर गया। कल्पना की लगाम को थोड़ी ढील दें, तो हम यह भी कह सकते हैं कि हमारे शरीर के परमाणु किसी एक तारे से नहीं बल्कि कई अलग-अलग तारों से आए हैं, जो शायद हमारे सौर मण्डल के अस्तित्व में आने से बहुत पहले सुपरनोवा हो चुके थे। थोड़ा काव्य का सहारा लें तो कह सकते हैं कि हम सब तारों की धूल हैं।

अगली बार किसी साफ़ रात्रि में आप अनगिनत तारों से जड़े आसमान के चन्दवे के तले खड़े हों, तो याद रखिएगा कि जो तारे हमसे विशाल दूरियों पर हैं, वे हमारे अन्दर भी हैं।

आनन्द नारायणन इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ स्पेस साइंस एंड टेक्नॉलॉजी में खगोल भौतिकी पढ़ाते हैं। उनके अनुसन्धान का विषय यह समझना है कि निहारिकाओं के बाहर बैरियोनिक पदार्थ कितने वृहद पैमाने पर वितरित है। आनन्द नियमित रूप से खगोलशास्त्र सम्बन्धी शैक्षिक व सार्वजनिक गतिविधियों में भाग लेते हैं। वे प्रायः दक्षिण भारत के इतिहास की खोजबीन के लिए यात्राएँ करते हैं।

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

पृथ्वी के विकास की प्रमुख घटनाएँ

एस.मोहन कुमार

इस ब्रह्माण्ड में अचर कुछ नहीं है। परिवर्तन एक पल में हो सकता है या इसमें लाखों-करोड़ों वर्ष लग सकते हैं। पृथ्वी के इतिहास के सन्दर्भ में 'विकास' शब्द का उपयोग हम उन प्रमुख घटनाओं के क्रम के तौर पर करते हैं जिन्होंने हमारे ग्रह को ढाला है। इसके तहत हम यह देखते हैं कि ग्रह का क्रमिक विकास होते-होते वह वर्तमान जटिल रूप तक कैसे पहुँचा।

हमारा छोटा-सा ग्रह सौर मण्डल के अन्य ग्रहों के साथ-साथ क़रीब 4.6 अरब वर्ष पहले बना था (1 अरब का मतलब है 10^9 वर्ष)। पृथ्वी वैज्ञानिक इस लम्बी अवधि को खण्डों में बाँटते हैं जो पृथ्वी के वैकासिक इतिहास के लिए समयगत सन्दर्भ उपलब्ध कराते हैं। इस समयगत विभाजन में बड़ी-बड़ी अवधियों को कल्प (eons) कहते हैं। प्रत्येक कल्प को छोटी-छोटी अवधियों में बाँटा जाता है जिन्हें युग (eras) कहते हैं और उससे भी छोटी अवधियों को काल (periods) वग़ैरह में विभाजित किया जाता है (**तालिका-1 देखें**)।

कल्प	युग	आज से कितना पहले (समयावधि)
प्रिकैम्ब्रियन	हैडियन	400 करोड़ वर्ष से 460 करोड़ वर्ष (60 करोड़ वर्ष)
	आर्कियन	250 करोड़ वर्ष से 400 करोड़ वर्ष (150 करोड़ वर्ष)
	प्रोटेरोज़ोइक	54 करोड़ वर्ष से 250 करोड़ वर्ष (196 करोड़ वर्ष)
फेनेरोज़ोइक	पैलियोज़ोइक	25.2 करोड़ से 54 करोड़ वर्ष (28.8 करोड़ वर्ष
	मीसोज़ोइक	6.6 करोड़ वर्ष से 25.2 करोड़ वर्ष (18.6 करोड़ वर्ष)
	सीनोज़ोइक	वर्तमान से 6.6 करोड़ वर्ष (6.6 करोड़ वर्ष)

तालिका-1 भूगर्भीय समय रेखा (यह ध्यान रखें कि यहाँ दिए गए आँकड़े भविष्य में बदल भी सकते हैं)।

प्रीकैम्ब्रियन कल्प

यह कल्प भूगर्भीय समय का सबसे पहला खण्ड है और पृथ्वी के इतिहास के 88 प्रतिशत भाग में फैला है। यह ग्रह के निर्माण (लगभग 4.6 अरब वर्ष पूर्व) के साथ शुरू हुआ था और लगभग 54 करोड़ वर्ष पूर्व बहु-कोशिकीय जीवों के विविधीकरण तक चला था। इस घटना को कैम्ब्रियन विस्फोट कहते हैं जो फेनेरोज़ोइक कल्प की शुरुआत में कैम्ब्रियन काल में हुआ था।

सौर मण्डल के सारे ग्रह एक बादल (nebula) से बने थे – यह नेबुला धूल, हाइड्रोजन, हीलियम तथा अन्य आयनीकृत गैसों का एक अन्तरतारकीय बादल था। इस बादल का व्यास चन्द प्रकाश वर्ष के बराबर था और यह नव-निर्मित युवा सूरज के इर्द-गिर्द घूर्णन कर रहा था। बादल में उपस्थित छोटे-छोटे कण साथ आते गए और बड़े पिण्डों का निर्माण होने लगा जिन्हें प्लेनेटॉइड (planetoids) कहते हैं। प्लेनेटॉइड्स कंकड़, पत्थर, चट्टानों और गिट्टी से बने थे। धीरे-धीरे ये इतने बड़े हो गए कि ये गुरुत्व बल से ज़्यादा-से-ज़्यादा पदार्थ को अपनी ओर खींच सकते थे। विशाल टक्कर परिकल्पना (**The Giant Impact Hypothesis**) के मुताबिक़ हमारा चन्द्रमा लगभग 4.5 अरब वर्ष पूर्व बना था जब पृथ्वी को अस्तित्व में आए देर नहीं हुई थी। तक़रीबन मंगल के बराबर का कोई पिण्ड (जिसे थीया नाम दिया गया है) पृथ्वी से टकराया था और टक्कर के फलस्वरूप मलबे का एक विशाल ग़ुबार उड़ा था। इस मलबे के कण पास आते गए और यह पिण्ड बड़ा होते-होते चाँद बन गया।

(क) हैडियन युग : प्रीकैम्ब्रियन कल्प का सबसे प्रारम्भिक युग है जो लगभग 60 करोड़ वर्षों में फैला था। हैडियन युग को बहुत अच्छे से समझा नहीं जा सका है क्योंकि अध्ययन के लिए इस अवधि की कोई चट्टान बची नहीं है। सम्भवतः हैडियन युग जीवन के लिहाज़ से काफ़ी भयानक रहा होगा। उस समय अन्तरिक्ष में कहीं ज़्यादा तादाद में धूमकेतु, उल्काएँ और क्षुद्र ग्रह थे। ये अकसर पृथ्वी से

चित्र-1 : चन्द्रमा के निर्माण की व्याख्या के लिए महाटकराव परिकल्पना।

Credits: NASA/JPL-Caltech, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Artist%27s_concept_of_collision_at_HD_172555.jpg. License: CC-BY.

टकरा जाते थे और काफ़ी गर्मी उत्पन्न करते थे। चन्द्रमा और अन्य ग्रहों पर पाए जाने वाले असंख्य गड्ढे सौर मण्डल के शैशव काल की परिस्थितियों के गवाह हैं। विकास के इस चरण में पृथ्वी तथा अन्य ग्रह पिघली अवस्था में रहे होंगे (**देखें चित्र-2**)।

बॉक्स-1 : केन्द्रक-पूर्व बनाम सत्यकेन्द्रकीय

केन्द्रक-पूर्व और सत्यकेन्द्रकीय जीवों के बीच बुनियादी अन्तर है। सत्यकेन्द्रकीय जीवों की कोशिकाओं में जहाँ एक केन्द्रक और अन्य झिल्लीबन्द रचनाएँ होती हैं जिन्हें कोशिकांग कहते हैं, वहीं केन्द्रक-पूर्व कोशिकाओं में इनका अभाव होता है। केन्द्रक-पूर्व जीव पृथ्वी पर प्रथम जीव थे। ये 390 करोड़ पूर्व से 250 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच प्रकट हुए थे। कई करोड़ वर्षों तक यही पृथ्वी पर जीवन के एकमात्र रूप रहे। जटिल संरचना और बड़े आकार वाले सत्यकेन्द्रकीय जीव इसके बहुत बाद में अस्तित्व में आए थे।

इस युग का वायुमण्डल आजकल के वायुमण्डल, जिसमें हम साँस लेते हैं, से काफ़ी भिन्न रहा होगा। मीथेन, अमोनिया तथा अन्य गैसों से निर्मित यह अवकारक वायुमण्डल आजकल के लगभग समस्त जीवन के लिए विषैला रहा होगा। समय के साथ, धरती धीरे-धीरे ठण्डी हुई। भारी पिघला हुआ लोहा ग्रह के केन्द्र में बैठ गया जो ग्रह का कोर बना। दूसरी ओर हल्के पदार्थ उठकर सतह पर आ गए और ठण्डे होकर पर्पटी बने। पूरे हैडियन युग में पृथ्वी और चन्द्रमा दोनों पर बाहरी पिण्डों की बमबारी होती रही।

(ख) आर्कियन युग : यह युग 400 करोड़ पूर्व से 250 करोड़ वर्ष पूर्व तक चला था। इस युग में पृथ्वी के वायुमण्डल में मुक्त ऑक्सीजन की मात्रा बहुत कम थी। उस समय के उच्च तापमान के चलते पृथ्वी के वायुमण्डल का सारा पानी वाष्प के रूप में था। इस युग के उत्तरार्ध में कुछ बैक्टीरिया ने कार्बन डाईऑक्साइड और पानी से शर्करा के अणु बनाने के लिए सूर्य के प्रकाश के दोहन के तरीक़े विकसित कर लिए थे, ठीक उसी तरह जैसे आजकल के हरे पौधे करते हैं। ये बैक्टीरिया इस क्रिया के अपशिष्ट पदार्थ के रूप में ऑक्सीजन को वायुमण्डल में छोड़ने लगे थे। इसका परिणाम यह हुआ कि वायुमण्डल में धीरे-धीरे ऑक्सीजन की मात्रा बढ़ने लगी। जैसे-जैसे पृथ्वी ठण्डी होती गई, वायुमण्डल की जलवाष्प संघनित होकर मूसलाधार बारिश के रूप में बरसने लगी। इस बारिश ने धरती पर मौजूद गड्ढों को भरकर शुरुआती समुद्रों का निर्माण किया। हालाँकि यह काफ़ी तीखी बहस का विषय रहा है लेकिन अधिकांश वैज्ञानिक जीवन की उत्पत्ति को पृथ्वी के विकास की एक स्वाभाविक घटना मानते हैं। सबसे पुराने जीवाश्म स्ट्रोमेटोलाइट नामक चट्टानों में मिले हैं और ये 3.8 अरब वर्ष पूर्व के एक-कोशिकीय केन्द्रक-पूर्व (प्रोकैरियोट्स) जीवों की कॉलोनियों के हैं। सायनोबैक्टीरिया कहलाने वाले ये जीव प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से ऊर्जा प्राप्त करते हैं (**देखें चित्र-3**)। ये एक-कोशिकीय जीव लगभग आजकल के बैक्टीरिया जैसे ही थे और माना जाता है कि जैव-मण्डल का आरम्भ और विकास इन्हीं के साथ शुरू हुआ था।

(ग) प्रोटेरोज़ोइक युग : यह युग लगभग 250 करोड़ वर्ष पूर्व से लेकर 54 करोड़ वर्ष

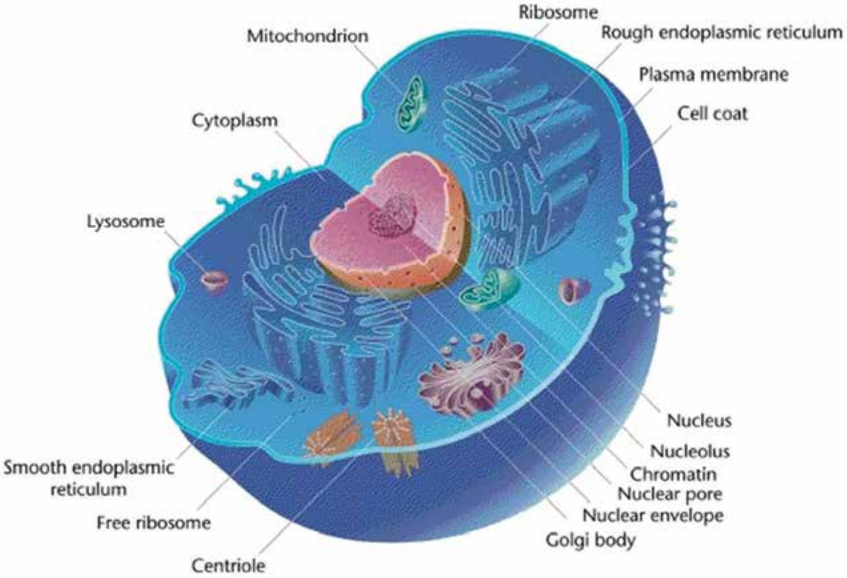
चित्र-2 : हैडियनकालीन पृथ्वी पर लगातार धूमकेतुओं, उल्काओं और क्षुद्र ग्रहों की बौछार होती रहती थी।

Credits: Tim Bertelink, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hadean#/media/File:Hadean.png. License: CC-BY-SA.

चित्र-3 : आधुनिक स्ट्रोमेटोलाइट्स।

Credits: Happy Little Nomad, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stromatolites_in_Shark_Bay.jpg. License: CC-BY-SA.

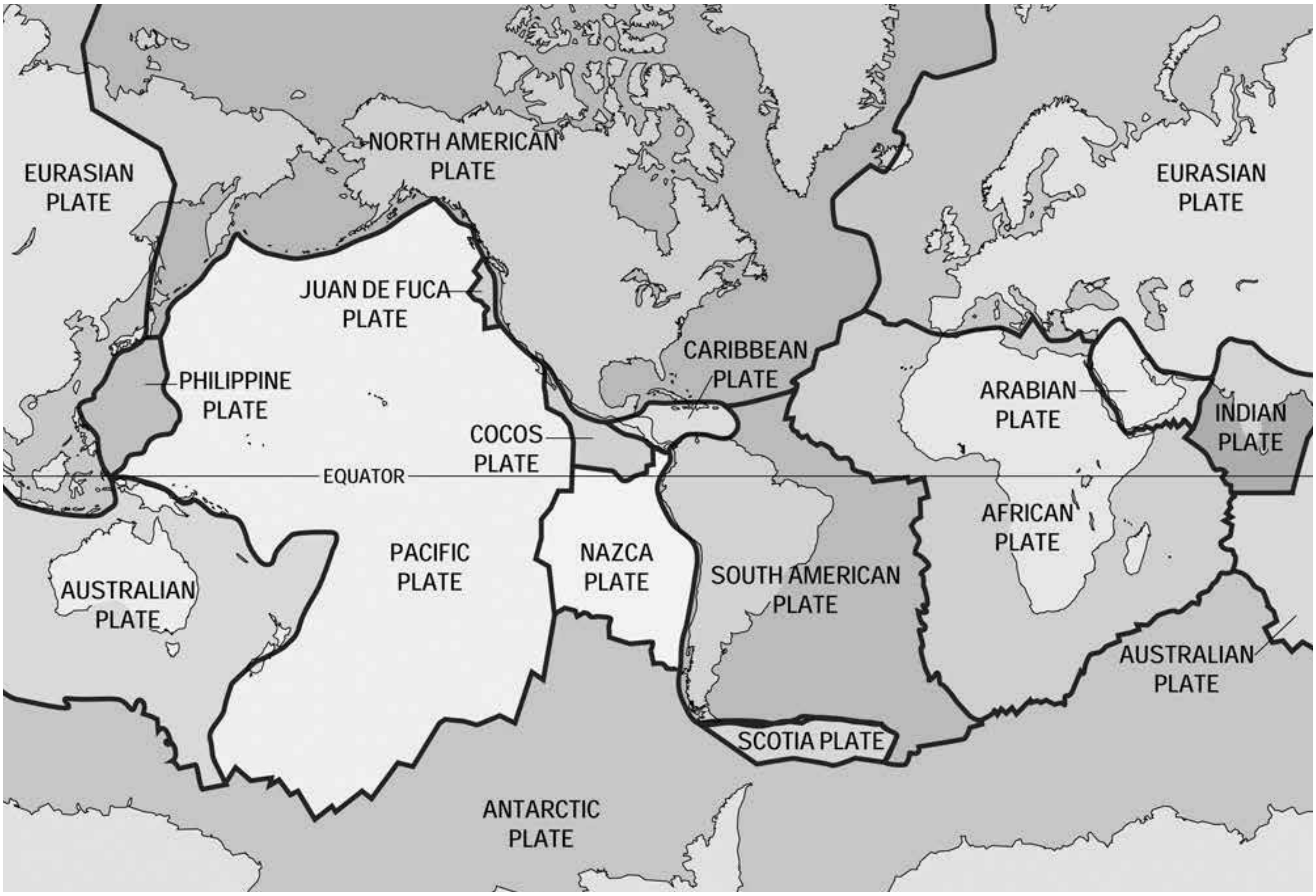
पूर्व तक रहा। इस युग में दो हिमयुग हुए – एक 240 करोड़ से 210 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच और दूसरा 72 करोड़ से 63.5 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच। लगभग 200 करोड़ वर्ष पूर्व स्पष्ट सत्यकेन्द्री जीव (यूकैरियोट्स) प्रकट हुए थे **(देखें चित्र-4)**। तक़रीबन 180 करोड़ वर्ष पूर्व वायुमण्डल ऑक्सीकारक हो गया था। ऐसा माना जाता है कि समुद्री सायनोबैक्टीरिया, जो 2.3 अरब वर्ष पूर्व से भी पहले बहु-कोशिकीय जीवों में विकसित हो गए थे, वे पहले सूक्ष्मजीव थे जो प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से ऑक्सीजन पैदा करने लगे थे। यह ऑक्सीजन वायुमण्डल में पहुँचने लगी थी। निरन्तर हो रहे जैविक विकास तथा उसके परिणामस्वरूप बढ़ती जैविक गतिविधियों के फलस्वरूप वायुमण्डल में ऑक्सीजन की मात्रा जो 1 प्रतिशत से भी कम थी, बढ़ते-बढ़ते लगभग 50 करोड़ वर्ष पूर्व 21 प्रतिशत हो गई। उपलब्ध जीवाश्म प्रमाणों से पता चलता है कि इस युग के अन्तिम 10 करोड़ वर्षों में जटिल, मुलायम शरीर वाले बहु-कोशिकीय जीव यानी मेटाज़ोअन्स पहली बार प्रकट हुए थे। प्रीकैम्ब्रियन कल्प की समाप्ति तक ये काफ़ी आम हो गए थे। चूँकि उस समय कोई शिकारी नहीं थे, इसलिए इन मेटाज़ोअन्स के शरीर में कोई सख़्त हिस्से नहीं थे और इसलिए इन्होंने बढ़िया जीवाश्म नहीं छोड़े हैं। सजीवों के इस समूह को एडियाकारा जन्तुसमूह **(Ediacara fauna)** कहते हैं क्योंकि इनकी खोज सबसे पहले ऑस्ट्रेलिया के एडियाकारा पर्वतों में हुई थी।



चित्र-4 : आधुनिक सत्यकेन्द्रकीय जीव अपने वंशजों से आज से क़रीब 185 करोड़ वर्ष पूर्व विकसित हुए थे।

Credits: Mediran, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eukaryotic_Cell_(animal).jpg. License: CC-BY-SA.

प्लेट टेक्टोनिक्स **(Plate tectonics)** यानी प्लेट हलचल बीसवीं सदी की सबसे



चित्र-5 : प्लेट टेक्टोनिक्स के अनुसार पृथ्वी का स्थलमण्डल सात विशाल तथा अनगिनत छोटी-छोटी प्लेट्स में बँटा है।

Credits: IMeowbot~commonswiki, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_tectonic_plate_map_large.png. License: CC-BY.

महत्त्वपूर्ण खोजों में से एक थी। यह एक आधुनिक सिद्धान्त है जिसका विकास एक पूर्ववर्ती अवधारणा [महाद्वीपीय सरकाव या प्रवाह (**continental drift**)] – के आधार पर हुआ है। आज यह सिद्धान्त व्यापक रूप से स्वीकार किया जाता है और इसने लगभग पूरी तरह महाद्वीपीय सरकाव की पूर्व अवधारणा का स्थान ले लिया है। प्लेट हलचल सिद्धान्त के मुताबिक़ पृथ्वी का अपेक्षाकृत सख़्त लिथोस्फ़ीयर सात बड़ी-बड़ी और कई सारी छोटी-छोटी स्वतंत्र प्लेट्स में बँटा है जो नीचे स्थित आंशिक रूप से पिघले हुए मैंटल पर स्वतंत्र रूप से तैरती हैं और अलग-अलग दिशाओं में गति करती हैं। यह गति बहुत धीमी रफ्तार से होती है – लगभग आपके नाखुनों की बढ़ने की रफ्तार से (**देखें चित्र-5**)।

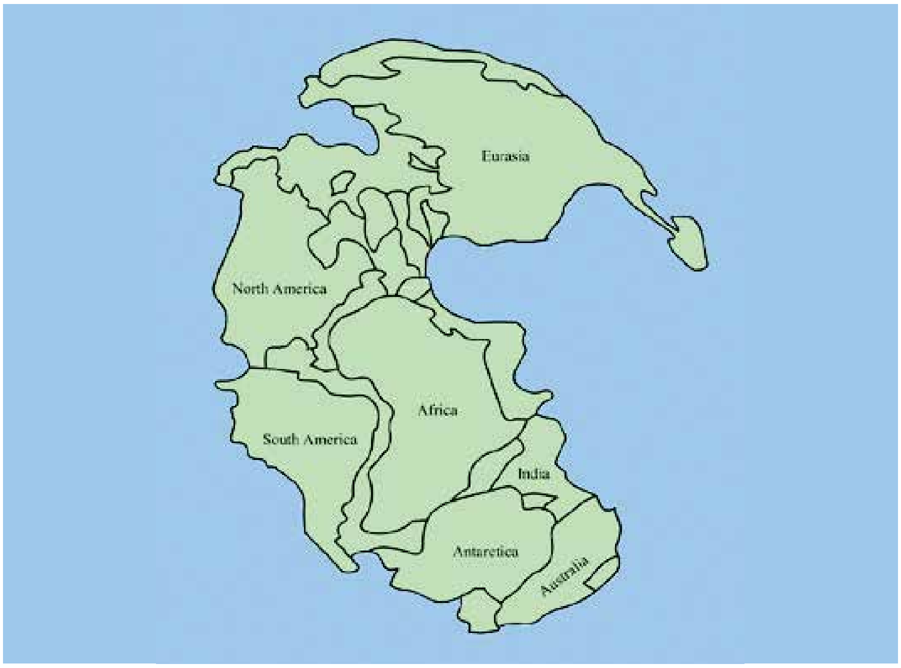
इन लिथोस्फ़ेरिक प्लेट्स की गति (महाद्वीपों की गति नहीं, जैसा कि पहले माना जाता था) के परिणामस्वरूप करोड़ों वर्षों में धरती के भूगोल में उल्लेखनीय परिवर्तन आते हैं। धरती की अधिकांश गतिविधियाँ (भूकम्प, ज्वालामुखी, पर्वतों का उभरना वग़ैरह) मूलतः इन प्लेट्स की सरहदों पर घटती हैं। पृथ्वी वैज्ञानिक (भूगर्भ वैज्ञानिक) मानते हैं कि पृथ्वी के बाहरी कवच में प्लेट्स की यह हलचल 300 करोड़ वर्ष पूर्व से भी पहले शुरू हुई थी।

प्लेट टेक्टोनिक्स की खोज के बाद भूविज्ञान में सबसे महत्त्वपूर्ण बात यह सामने आई है कि पृथ्वी के इतिहास में समय-समय पर सुपर-महाद्वीपों का विकास हुआ है। सुपरमहाद्वीप तब बनता है जब पृथ्वी के सारे या अधिकांश महाद्वीपीय खण्ड जुड़कर एक बड़ा भूभाग बना लेते हैं। पृथ्वी के इतिहास में ये सुपरमहाद्वीप खण्डित हुए और ये नए महाद्वीपीय खण्ड बहकर दूर-दूर निकल गए और एक नए भूगोल का निर्माण हुआ। हम जानते हैं कि आज महाद्वीपों की जो भौगोलिक जमावट दिख रही है, वह लिथोस्फ़ीयर की प्लेट्स की हलचल के लम्बे इतिहास में एक अस्थाई जमावट ही है।

प्रीकैम्ब्रियन कल्प में क़रीब 310 करोड़ वर्ष पूर्व उर (**Ur**) एक सुपरमहाद्वीप था। कोलम्बिया एक और सुपरमहाद्वीप था जो 250 से 160 करोड़ वर्ष पूर्व निर्मित हुआ था। एक अन्य सुपरमहाद्वीप रोडिनिया 100 करोड़ से 75 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच अस्तित्व में रहा था। पैनोशिया एक सुपरमहाद्वीप था जो प्रीकैम्ब्रियन कल्प के अन्त में लगभग 65 करोड़ वर्ष पूर्व विद्यमान रहा था। पैंजिया एक और सुपरमहाद्वीप था जो 30 करोड़ वर्ष पूर्व अस्तित्व में था और 23 करोड़ वर्ष पूर्व टूटने लगा था (**देखें चित्र-6**)।

हैं कैम्ब्रियन, ओर्डोविशियन, सायलुरियन, डोवोनियन, कार्बोनिफ़ेरस और पर्मियन। पैलियोज़ोइक युग की शुरुआत प्रथम कंकालयुक्त या कवचयुक्त जन्तुओं (सख़्त भागों वाले प्रथम जीव) के अवतरण के साथ मानी जाती है। प्रारम्भिक पैलियोज़ोइक में वायुमण्डलीय CO_2 का स्तर दस गुना ज़्यादा था। समुद्र तल आज की तुलना में कहीं अधिक ऊँचा था और इस युग के अन्त तक वह आजकल के स्तर पर पहुँच चुका था। 45 करोड़ से 42 करोड़ वर्ष पूर्व की अवधि में पृथ्वी तीसरे हिमयुग की गिरफ़्त में रही – यह बात चट्टानों में विभिन्न कालखण्डों के ग्लेशियल डिपॉज़िट्स से पता चली है।

इस काल के बाद उथले समुद्रों ने महाद्वीपों के अन्दरूनी भागों में प्रवेश किया। इससे पहले के जंगलों में लायकोप्सिड वनस्पति समूह की बहुतायत थी; काष्ठीय वनस्पति का विकास क़रीब 42 करोड़ वर्ष पूर्व हुआ था। इन पौधों के संग्रह और आगे चलकर इनके रूपान्तरणों से ही दुनिया के विभिन्न इलाकों में पाए जाने वाले कोयले के भण्डार बने हैं (**देखें चित्र-8**)। जीवाश्म रिकॉर्ड बताते हैं कि इस युग में समुद्रों में वे जीव सर्वप्रथम प्रकट हुए थे जिनके सख़्त खनिजीकृत अंग थे, जिन्हें चट्टानों में जीवाश्म के रूप में परिरक्षित किया जा सकता था। इसके बाद अचानक इनकी संख्या बढ़ी। इस युग के अधिकांश जीवाश्म ट्रायलोबाइट्स, ब्रेकियोपोड्स, चट्टान बनाने



चित्र-6 : पैंजिया – पृथ्वी के बदलते भूगोल के दौरान बने कई सुपरमहाद्वीपों में से एक।

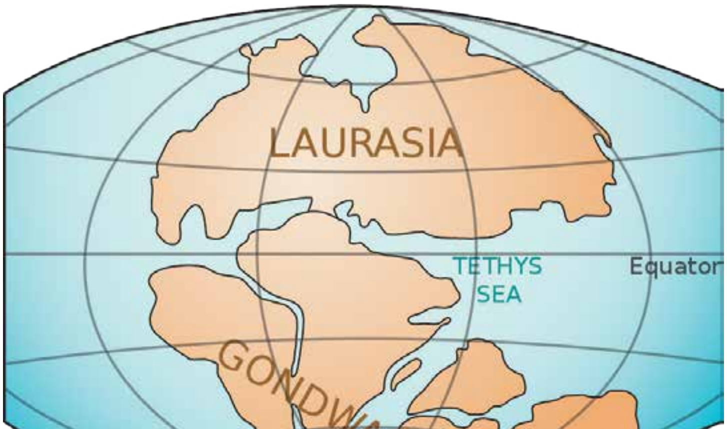
Credits: Paul Sherman, WPClipart. URL: http://www.wpclipart.com/geography/plate_teutonics/Pangea_USGS.png.html. License: Public Domain.

अन्तिम ज्ञात सुपरमहाद्वीप गोण्डवाना था जो आजकल के अफ़्रीका, भारत, मैडागास्कर, ऑस्ट्रेलिया और अंटार्कटिका से मिलकर बना था (**देखें चित्र-7**)। पृथ्वी के इतिहास के अलग-अलग कालखण्डों में सुपरमहाद्वीप बने और टूटे हैं। इसे सुपरमहाद्वीप चक्र कहते हैं और अनगिनत अध्ययनों से पता चला है कि इसने लिथोस्फ़ीयर, जलमण्डल, वायुमण्डल और जैवमण्डल के विकास को प्रभावित किया है।

फ़ेनेरोज़ोइक (Phanerozoic) कल्प

फ़ेनेरोज़ोइक नाम प्राचीन यूनानी शब्दों फ़ेनेरोस (phanerós) और ज़ो (zoe) से मिलकर बना है जिसका अर्थ होता है दृश्य जीवन। यह किसी समय की इस समझ पर आधारित है कि जीवन इस कल्प के कैम्ब्रियन युग में शुरू हुआ था। इस कल्प का लक्षण है सख़्त भागों वाले जीवों का प्रकट होना (ऐसे भाग जिनका जीवाश्म के रूप में परिरक्षण हो सकता है, जबकि इसके पहले के युगों के जीवों के मात्र रासायनिक अवशेष और जीवाश्म ही बच पाते हैं)। फ़ेनेरोज़ोइक कल्प को तीन युगों में बाँटा गया है।

(क) पैलियोज़ोइक (Paleozoic) युग : यह फ़ेनेरोज़ोइक कल्प का सबसे पुराना और सबसे लम्बा युग है। यह लगभग 28.8 करोड़ वर्षों में फैला है। इस युग को छह भूगर्भीय अवधियों में बाँटा गया है : कालक्रम में ये



चित्र-7 : गोण्डवाना – पृथ्वी के इतिहास में बना आख़िरी ज्ञात सुपर महाद्वीप।

Credits: LennyWikidata, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laurasia-Gondwana.svg. License: CC-BY.

चित्र-8 : लायकोपोड्स (जैसे क्लब मॉस) सबसे पुराने जीवित संवहनी पौधे हैं।

Credits: Mokkie, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Club_Moss_(Lycopodium_carinatum)_1.jpg. License: CC-BY-SA.

वाले आर्कियोसायथिड्स और छोटे-छोटे समुद्री कवचधारी जीवों के हैं (**देखें चित्र-9**)। जैसा कि पहले कहा गया था, कैम्ब्रियन कालखण्ड में 54-52 करोड़ वर्ष पूर्व के दौरान सम्भवतः एक ही पूर्वज से, जीव-रूपों का प्रसार और विविधीकरण कैम्ब्रियन विस्फोट के नाम से जाना जाता है। उस समय तक सारे ज्ञात फायलम (संघ) प्रकट हो चुके थे। इस विस्फोट ने अधिकांश आधुनिक समुद्री अकशेरुकी जन्तु समूहों के प्रतिनिधियों को जन्म दिया। इस समय कोई वनस्पति नहीं थी, इसलिए अधिकांश भूभाग, जो उस समय दक्षिणी गोलार्ध में सिमटा था, सूखी चट्टानों या सूक्ष्मजीवी भूपर्पटी से ढँका था। 44 करोड़ वर्ष पूर्व का समय एक महाविलोप का गवाह था, जब कुछ जीव-समूहों की समस्त प्रजातियों में से 86 प्रतिशत पृथ्वी से गायब हो गई थीं। इसे ओर्डोविशियन-सायलुरियन विलोप कहते हैं।

इसी युग के दौरान लिथोस्फ़ेरिक प्लेट्स की टक्कर के परिणामस्वरूप एपालेचियन, उराल और मंगोलिया के पर्वतों का निर्माण हुआ था। इस युग के अन्तिम दौर में पृथ्वी पर पहली आधुनिक वनस्पति (शंकुधारी या कोनीफर्स) प्रकट हुई थी तथा समुद्रों में मोलस्क (सीप, घोंघा वग़ैरह) व आर्थ्रोपोड्स (सन्धिपाद जन्तु) का बोलबाला था। कशेरुकी जन्तुओं का प्रादुर्भाव इस युग की एक उल्लेखनीय घटना थी।

41.5 करोड़ से लेकर 35.5 करोड़ वर्ष पूर्व की अवधि में समुद्रों में विभिन्न क़िस्म की मछलियाँ अस्तित्व में आई थीं। लोब पंख वाली मछलियाँ (जो उभयचर जीवों और शुरुआती साँपों की पूर्वज मानी जाती हैं) इसी युग में अस्तित्व में आई थीं। इसी वजह से धरती के इतिहास के इस युग को मत्स्य युग कहते हैं। मछलियों के प्रादुर्भाव का एक असर यह हुआ कि ट्रायलोबाइट समेत समुद्री जीवों के कुछ आदिम समूहों की 75 प्रतिशत प्रजातियाँ विलुप्त हो गईं।

36 से 26 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच पृथ्वी चौथे हिम युग की गवाह रही थी। लगभग 25 करोड़ वर्ष पूर्व एक बड़ा महा-विलोप हुआ था जिसने उस समय जीवित लगभग 95 प्रतिशत प्रजातियों को गम्भीर रूप से प्रभावित किया था। इनमें टेबुलेट कोरल्स

चित्र-9 : पैलियोज़ोइक युग के जीवाश्म - ट्राइलोबाइट्स (क), ब्रैकियोपोड्स (ख) और आर्कियोसाएनेथिड्स (ग)

(क) Tim Evanson, Smithsonian Museum of Natural History - 2012-05-17, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/timevanson/7282110704. License: CC-BY-SA.

(ख) Didier Descouens, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Liospiriferina_rostrata_Noir.jpg. License: CC-BY-SA.

(ग) James St. John, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/33735733981. License: CC-BY.

चित्र-10 : डायनासौर मीसोज़ोइक युग में प्रकट हुए थे।

Credits: Gerhard Boeggemann, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europasaurus_holgeri_Scene_2.jpg. License: CC-BY-SA.

और उस समय के अधिकांश वृक्ष शामिल थे। महामृत्यु (**Great Dying**) कहलाने वाली इस घटना में पृथ्वी पर से जन्तुओं और वनस्पतियों के कई शुरुआती रूप गायब हो गए थे।

(ख) मीसोज़ोइक युग : इस युग में एक के बाद एक तीन काल थे – ट्रायएसिक, जुरासिक और क्रिटेशियस। मीसोज़ोइक युग 25.22 करोड़ वर्ष पहले शुरू हुआ था और लगभग 18.62 करोड़ वर्ष चला। आजकल जो महाद्वीप हम देखते हैं, वे इस युग के अन्त में अपनी वर्तमान स्थितियों की ओर गति करने लगे थे। वर्तमान में वनस्पतियों और जन्तुओं के जो प्रमुख समूह अस्तित्व में हैं, वे पृथ्वी के इतिहास के इसी दौर में विकसित हुए थे। इसे सरिसृपों का काल (**age of reptiles**) भी कहते हैं। इसी युग में डायनासौर भी प्रकट होने लगे थे। यह 25 करोड़ वर्ष पहले हुए महाविलोप की घटना के क़रीब 2 करोड़ वर्ष बाद हुआ था। ज़मीनी जीवन में तेज़ी से विविधता पैदा हुई और युग के अन्त में धरती पर विशालकाय सरिसृप, डायनासौर और अन्य महाकाय जन्तु विचरते थे। एक और महाविलोप क़रीब 20 करोड़ वर्ष पूर्व हुआ था, जब 20 प्रतिशत समुद्री प्रजातियाँ और कई ज़मीनी कशेरुकी जीव धरती पर से समाप्त हो गए थे। ऐसा माना जाता है कि इस युग के अन्त में 10 कि.मी. व्यास का एक क्षुद्र ग्रह पृथ्वी से टकराया था तथा एक और महाविलोप हुआ था। इस दौरान डायनासौर तथा कई अन्य ज़मीनी जन्तु समूह विलुप्त हो गए थे (**देखें चित्र-10**)। समुद्री जगत में, सारे एमोनाइट्स, रीफ़ बनाने वाले बाई-वाल्व्स और समुद्री सरिसृप भी मारे गए थे।

(ग) सीनोज़ोइक युग : नवजीवन का युग : यह युग पिछले 6.6 करोड़ वर्ष में फैला रहा है। इस युग में, सूखने और शीतलन के रुझान के चलते अन्तिम हिम युग अस्तित्व में आया था – इसे क्वार्टनरी ग्लेसिएशन कहते हैं। यह 25.8 लाख वर्ष पूर्व शुरू हुआ था। ध्रुवीय हिम टोपियाँ (ice caps) और उत्तरी गोलार्ध के महाद्वीपीय बर्फ़ीले आवरण फैलकर 40 डिग्री अक्षांश तक फैल गए। इसके अलावा उत्तर व दक्षिण अमेरिका, यूरोप, एशिया और अंटार्कटिका में यह बर्फ़ीला आवरण बार-बार

मोटा होता रहा। इस हिम युग के चरमोत्कर्ष पर पृथ्वी की 30 प्रतिशत सतह ग्लेशियल बर्फ़ से ढँकी हुई थी। ग्लेसिएशन का एक मुख्य परिणाम यह हुआ था कि दुनिया भर में औसत समुद्र तल में गिरावट आई थी। मीसोज़ोइक युग के अन्तिम दौर में डायनासौर के विलोप ने स्तनधारियों के विविधीकरण का मार्ग प्रशस्त किया और सीनोज़ोइक युग में कई स्तनधारी काफ़ी बड़े हो गए थे। पृथ्वी की जो सतह बर्फ़ से नहीं ढँकी थी, वहाँ बड़े-बड़े स्तनधारियों (जैसे मैमथ, मैस्टोडोन्स वग़ैरह), पक्षियों (बड़े उड़ानविहीन पक्षियों समेत) और फूलधारी पेड़-पौधों के प्रमुख समूह सामने आए थे। इस वजह से इस युग को स्तनधारी युग या पक्षी युग भी कहते हैं (**देखें चित्र-11**)।

इनमें से अधिकांश जन्तु ग्लेशियल अवधि के समाप्त होने के बाद क्वार्टनरी विलोप घटना के दौरान तक़रीबन 11,700 वर्ष पूर्व विलुप्त हो गए थे। अधिकांश वैज्ञानिक मानते हैं कि सारे आधुनिक मानव अफ़्रीका में डेढ़ से दो लाख वर्ष पूर्व रहने वाली एक छोटी-सी आबादी के वंशज हैं। आगे चलकर, क़रीब एक लाख वर्ष पूर्व आधुनिक मानव ने यूरोप व एशिया में प्रवास किया। भारतीय महाद्वीप यूरेशिया से टकराया, जिसके फलस्वरूप हिमालय का निर्माण हुआ था। अफ़्रीका और यूरोप की टक्कर के परिणामस्वरूप आल्प्स पर्वत अस्तित्व में आया था।

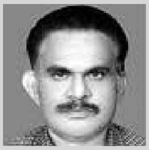
शुरुआती मानव सबसे पहले सम्भवतः 20 लाख से 18 लाख वर्ष पूर्व के बीच अफ़्रीका में प्रकट होकर यूरोप व एशिया में फैले थे। आधुनिक मानव की प्रजातियाँ विश्व के अन्य हिस्सों में काफ़ी समय बाद पहुँची थीं। खेती और पहली-पहली सभ्यताओं की शुरुआत पिछले 12,000 वर्षों में हुई। जिस भूगर्भीय काल में हम फिलहाल जी रहे हैं, उसे अनौपचारिक रूप से **एँथ्रोपोसीन** कहते हैं। इस नाम का महत्त्व यह है कि ग्रह के इतिहास में पहली बार मानवीय क्रियाकलाप ग्रह की परिस्थितियों पर असर डाल रहे हैं – इसे हम जलवायु परिवर्तन, समुद्र तल में वृद्धि, बढ़ते पर्यावरणीय ह्रास और वायु एवं जल प्रदूषण के रूप में महसूस कर रहे हैं।

पृथ्वी के इस संक्षिप्त विवरण के आधार पर हम जानते हैं कि हमारे ग्रह के स्थलमण्डल, वायुमण्डल, जलमण्डल और जैवमण्डल सतत परिवर्तनशील हैं और इन परिवर्तनों के असर लम्बे समय (करोड़ों सालों) में नज़र आते हैं। ये प्रक्रियाएँ निश्चित रूप से हमारे भविष्य और पृथ्वी पर सारे जीवन के भविष्य को प्रभावित करती रहेंगी।

चित्र-11 : सीनोज़ोइक युग की पहचान स्तनधारी थे (वुली मैमथ, एक्विड्स, वुली रायनोसिरस, युरोपियन केव लायन्स और रैनडीयर वग़ैरह)। इनमें विविधता बढ़ती गई और साइज़ बढ़ता गया।

Credits: The Public Library of Science, uploaded by FunkMonk, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ice_age_fauna_of_northern_Spain_-_Mauricio_Ant%C3%B3n.jpg. License: CC-BY-SA.

Note: Credits for the image used in the background of the article title: The Earth seen from Apollo 17.NASA/Apollo 17 crew; taken by Harrison Schmitt or Ron Evans, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg. License: CC-BY.

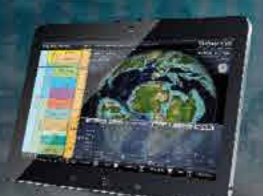


एस. मोहन कुमार तिरुवनन्तपुरम, केरल के मूल निवासी हैं। 1965 में भूगर्भ विज्ञान में एमएससी हासिल करने के बाद उन्होंने 1969-2001 तक केरल महाविद्यालयीन शिक्षा के विभिन्न महाविद्यालयों में अध्यापक के रूप में काम किया और शासकीय महाविद्यालय, नेदुमनगाड़ के प्राचार्य के रूप में सेवानिवृत्त हुए। उनसे one234ten@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

EarthViewer
A Free App for iPad and Android

Explore changes in the atmosphere, climate, biosphere, and lithosphere over billions of years!



BioInteractive.org/EarthViewer

CHANGING PLANET
Past, Present, Future

Series available online and on DVD at BioInteractive.org/changing-planet-past-present-future

EARTH EVOLUTION
The Intersection of Geology and Biology

The Earth is approximately 4.6 billion years old. Over this vast span of time, the planet has changed dramatically from an inhospitable sphere of molten rock to a diverse world rich with life. The world we live in today is the product of complex interactions between life and the environment.

Timeline (Time Before Present, millions of years: 0–4600)

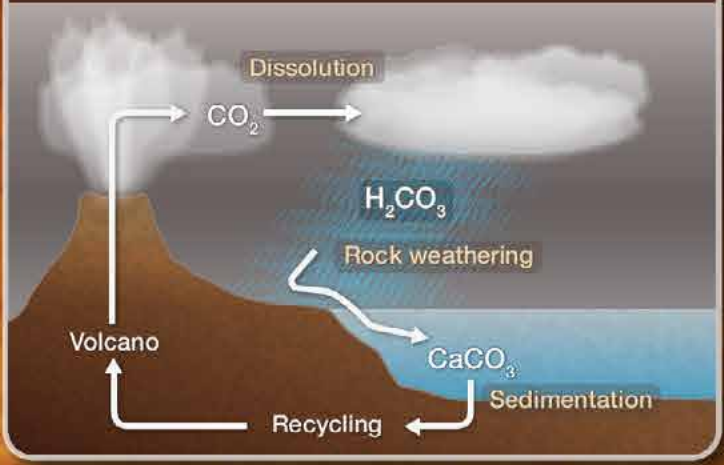
Eons	Eras	Periods
PHANEROZOIC	Cenozoic	Paleogene
	Mesozoic	Cretaceous
		Jurassic
		Triassic
	Paleozoic	Permian
		Carboniferous
		Devonian
		Silurian
		Ordovician
		Cambrian
PROTEROZOIC		Ediacaran
		Cryogenian
ARCHEAN		
HADEAN		

- Ice Age
- Snowball Earth
- Snowball Earth
- Rodinia breakup
- Supercontinent Rodinia forms
- Early supercontinent (Nuna)
- Snowball Earth
- Earliest evidence for plate tectonic movements
- Oldest rock
- Earliest date for liquid water on Earth
- Earth forms by accretion from solar dust cloud

- Genus *Homo*
- Dinosaur extinction; Mammalian dominance
- Permian extinction
- First land vertebrates
- First land plants
- Cambrian explosion
- Ediacaran diversification of large animals
- Origin of chloroplast by symbiosis
- Oldest eukaryotic fossil
- Oxygen first reaches significant (about 1% of current) levels
- Photosynthesis; Oldest fossils on Earth; Stromatolites
- Oldest chemical signature of life

Mass Extinctions
There have been multiple mass extinctions during the course of Earth's history in which dominant organisms were wiped out, opening up new evolutionary possibilities for survivors. The mass extinction at the end of the Cretaceous Period 65 million years ago is thought to have been caused by the impact of a large (11 km) meteorite. Other mass extinctions, however, appear to reflect environmental perturbation caused by Earth processes such as volcanism and climate change.

Geologic Carbon Cycle
Volcanoes release carbon dioxide—a greenhouse gas—from the lithosphere into the atmosphere. Warmer temperatures accelerate rock weathering reactions, which remove carbon dioxide from the atmosphere. This cycle acts as a global thermostat.



At the beginning and end of the Proterozoic Eon, glaciers extended all the way to the equator. The ice eventually receded as greenhouse gases ejected by volcanoes accumulated in the atmosphere, warming the planet.

Greenhouse Effect
As sunlight warms the Earth, it re-radiates energy back to space. Greenhouse gases absorb this energy, resulting in further warming. Without the greenhouse effect, Earth would be too cold for life, but too much of it can create an inhospitable environment.

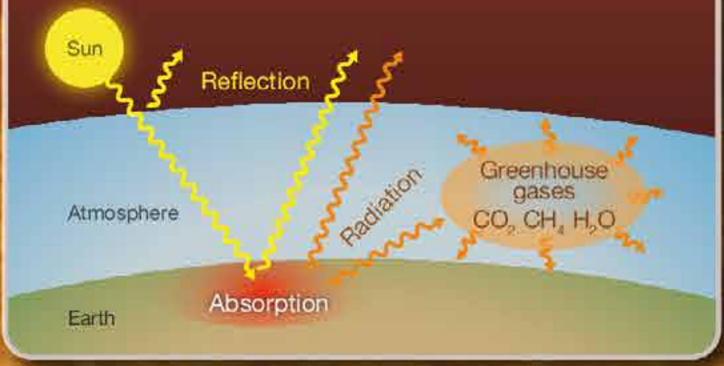
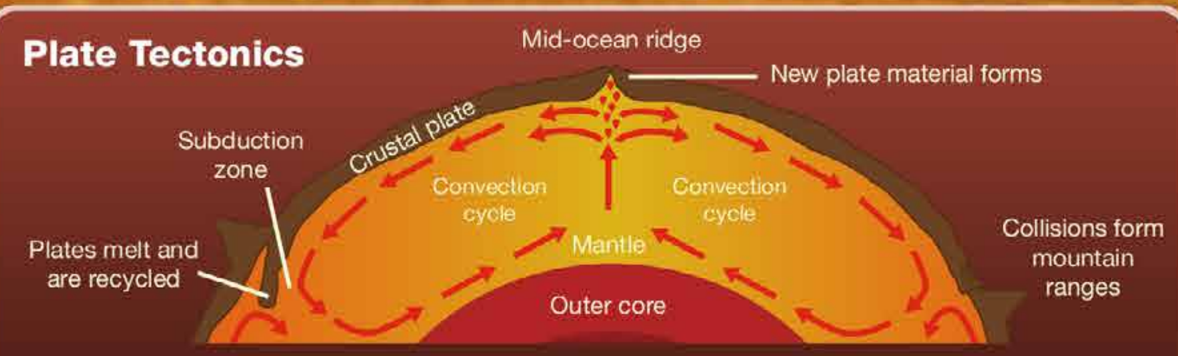
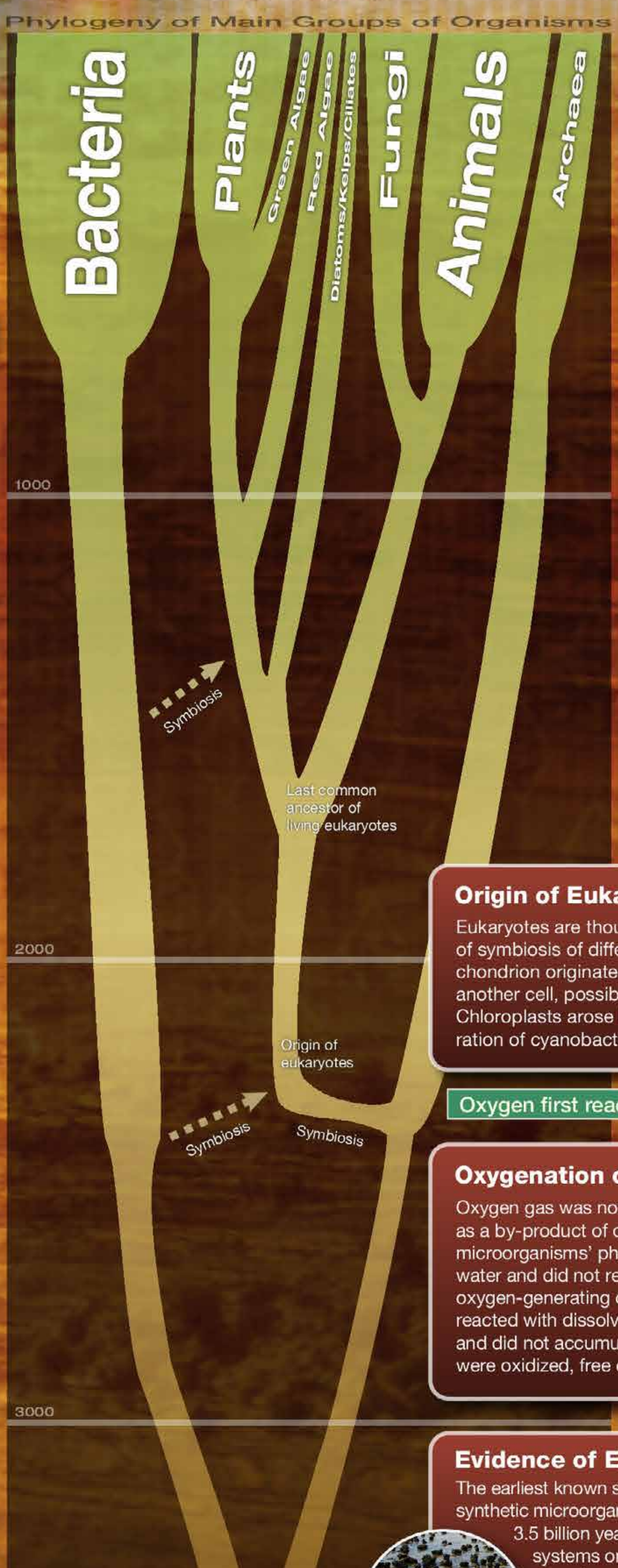


Plate Tectonics



Earth's crust is composed of large plates that move in response to forces generated by convection of material in the underlying mantle. Plate movements have resulted in the formation of supercontinents such as Nuna, Rodinia, and Pangea, at different times in Earth's history.

Phylogeny of Main Groups of Organisms



Oxygen and Animal Size
Large active animals require high levels of oxygen. They did not evolve until the Ediacaran and Cambrian Periods, when oxygen rose to near-modern levels.

Origin of Eukaryotes
Eukaryotes are thought to have arisen as a result of symbiosis of different prokaryotes. The mitochondrion originated as a bacterium captured by another cell, possibly a member of the Archaea. Chloroplasts arose later by the symbiotic incorporation of cyanobacteria into a eukaryotic host.

Oxygenation of the Planet
Oxygen gas was not present in Earth's early atmosphere; it arose as a by-product of oxygenic photosynthesis. Initially, early microorganisms' photosynthetic reactions did not use water and did not release oxygen. Once oxygen-generating organisms evolved, oxygen reacted with dissolved iron and sulfide in the ocean and did not accumulate. After these compounds were oxidized, free oxygen started to accumulate.

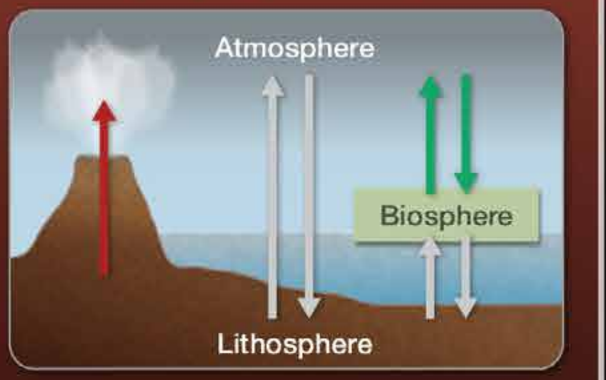
Evidence of Early Photosynthesis
The earliest known stromatolites—layered deposits made by photosynthetic microorganisms—suggest that photosynthesis arose at least 3.5 billion years ago. Today, photosynthesis fuels most ecosystems on Earth, but Earth's earliest biological communities may have been driven by chemosynthesis, gaining energy from chemical reactions to form organic compounds.

Rock Types 101
Igneous: Form when molten materials cool and harden, either beneath the Earth's surface or in a volcanic eruption.

Sedimentary: Form at the Earth's surface when particles eroded from older rocks accumulate or when minerals from lake, river, or ocean water precipitate.

Metamorphic: Form when existing rocks are changed by heat and pressure.

Life and Chemical Cycling
All life depends on carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, sulfur, and phosphorous. These elements are abundant in the lithosphere and/or atmosphere and cycle between the two. Naturally occurring forms of sulfur and nitrogen cannot be used by living organisms. Early in Earth's history, microorganisms evolved mechanisms to extract these elements from the environment, allowing rapid growth of Earth's ecosystems (biosphere). These microbial mechanisms remain essential to life on Earth—billions of years later.



HHMI
HOWARD HUGHES MEDICAL INSTITUTE
BioInteractive

Tell us how you use the poster:
bitly.com/EarthPosterSurvey

Photo Credits
Acasta Gneiss: Chip Clark, Smithsonian Institution
Earth: NASA, The Visible Earth
Grand Canyon NP: iStockphoto/Thinkstock
Grypania Spiralis: James St. John, Ohio State University at Newark
Mass Extinction: Hemera/Thinkstock
Oxygen and Animal Size: iStockphoto/Thinkstock
Photosynthesis: iStockphoto/Thinkstock
Rocks 101: Marble and Sandstone, iStockphoto/Thinkstock
Stromatolites: iStockphoto/Thinkstock
Temperature Map: NASA/JPL
Tree: iStockphoto/Thinkstock, Jupiterimages/Photos.com/Thinkstock, Hemera/Thinkstock

© 2012, 2014 Howard Hughes Medical Institute. This poster is provided free of charge by HHMI for educational purposes; the poster may not be sold or resold. All other rights reserved.

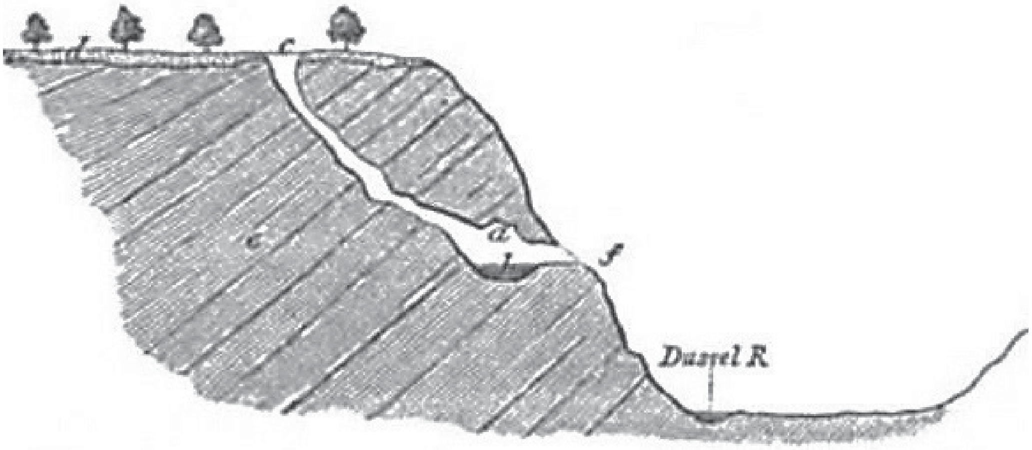
हम कहाँ से आए हैं? हम क्या हैं? हम कहाँ जा रहे हैं?

अविनाश कुमार

19वीं सदी में जर्मनी की एक छोटी-सी वादी में मिले अश्मीभूत 'केव बेयर बोन्स' (cave bear bones) के विवरण से शुरू करके यह आलेख हमारे वंश होमो और उसकी कई प्रजातियों के विकास की चर्चा करता है। अन्त में कुछ सुझाव दिए गए हैं कि मानव विकास के अध्ययन को विज्ञान कक्षा में कैसे शामिल किया जा सकता है।

अगस्त 1856 की बात है। पश्चिम जर्मनी के कस्बे एल्बरफेल्ड में गर्मियाँ समाप्त होकर शरद ऋतु शुरू हो रही थी। जोहान फुलरॉट दक्षिण-पूर्व दिशा में बामक़सद आगे बढ़ रहे थे। स्थानीय हाई स्कूल के शिक्षक फुलरॉट शौक़िया प्रकृतिविद तथा जीवाश्म संग्रहकर्ता भी थे।

फुलरॉट को निकट की एक घाटी (निएंडर्थल घाटी) के एक खदान निरीक्षक से एक सन्देश मिला था : उनकी चूना पत्थर खदान में मज़दूरों ने एक गुफा के मुहाने पर मिट्टी की चट्टान जैसी सख़्त परत को फोड़ा है (**देखें चित्र-1**) और इसमें संयोगवश कुछ अश्मीभूत हड्डियाँ उजागर हुई हैं। निरीक्षक को लगा था कि ये किसी प्राचीन गुफा भालू के अवशेष हैं। वह चाहता था कि फुलरॉट आकर एक नज़र इन पर डाल लें।[1] कुछ ही घण्टों बाद फुलरॉट उस गुफा में खड़े थे। गुफा घाटी की ज़मीन से क़रीब 18 मीटर ऊपर



चित्र-1 : उस गुफा की भौगोलिक स्थिति जहाँ जोहान कार्ल फुलरॉट ने अपनी खोज की थी।

Credits: Gerbil & HerrAdams, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kleine_Feldhofer_Grotte.jpg. License: Public Domain

चित्र-2 (क) : निएंडर घाटी में मिली हड्डियाँ।

Credits: LVR-LandesMuseum Bonn. URL: http://donsmaps.com/neanderthaloriginal.html. License: Public Domain.

चित्र-2 (ख) : उपलब्ध जानकारी और कल्पना पर आधारित निएंडरथल पुरुष का चित्र।

Credits: Matanya, Wikimedia Commons. URL: https://en.wiktionary.org/wiki/File:%D7%A0%D7%99%D7%90%D7%A0%D7%93%D7%A8%D7%98%D7%9C%D7%99.jpg. License: CC-BY-SA.

और एक खड़ी पहाड़ी के 30 मीटर नीचे थी। गुफा 2 मीटर ऊँची, 2.5 मीटर चौड़ी और 4.5 मीटर गहरी थी। फुलरॉट गुफा के फ़र्श पर बिछी दोमट मिट्टी की लगभग डेढ़ मीटर मोटी तह पर खड़े थे।[2]

खनिकों ने उन्हें बताया कि अश्मीभूत हड्डियाँ दोमट फ़र्श में क़रीब आधे मीटर की गहराई में मिली थीं। पहले तो उन्हें अनदेखा कर दिया गया था, किन्तु संयोगवश खदान के मालिक की नज़र उन पर पड़ गई और उसने मलबे में से 16 हड्डियाँ और हड्डियों के टुकड़े बचा लिए। वे जानते थे कि फुलरॉट की इस विषय में दिलचस्पी है, इसलिए ये हड्डियाँ उन्हें दे दी गईं।

एल्बरफेल्ड लौटकर, फुलरॉट ने अश्मीभूत हड्डियों के ज़ख़ीरे को देखा। उसमें निम्नलिखित हड्डियाँ थीं : कपाल की हड्डी और साथ में बाईं कनपटी की हड्डी (जो खोपड़ी के बाज़ू में आधार पर स्थित होती है), दाहिने कन्धे की हड्डी का टुकड़ा, दाहिनी हसली, ऊपरी भुजा की दोनों लम्बी हड्डियाँ, एक पूरी ऊपरी भुजा की हड्डी और साथ में ऊपरी भुजा के कुछ हिस्से, पाँच पसलियाँ, कूल्हे की हड्डी का बायाँ अर्धांश और दोनों जाँघों की हड्डियाँ।[3] अपनी मेज़ पर झुककर अश्मीभूत अवशेषों का अध्ययन करते हुए फुलरॉट के मन में वह शंका और बलवती हो गई जो उन्होंने गुफा में खड़े-खड़े महसूस की थी – कि निश्चित तौर पर ये हड्डियाँ किसी भालू की नहीं थीं। इससे भी महत्त्वपूर्ण बात उन्हें यह लगी कि ये हड्डियाँ किसी मनुष्य की हैं जो आधुनिक मानव से बहुत भिन्न था।

गुफा में फुलरॉट के दौरे के एक महीने के अन्दर, एक स्थानीय अख़बार ने उनकी विचित्र-खोज की कहानी प्रकाशित कर दी। इसने बॉन विश्वविद्यालय के शारीरिकी प्रोफ़ेसर हरमन शाफहौसेन का ध्यान आकर्षित किया। वे यूरोप में प्रागैतिहासिक मनुष्यों का अध्ययन कर रहे थे।

नवम्बर में फुलरॉट और शाफहौसेन बॉन में मिले जहाँ फुलरॉट ने वे हड्डियाँ शाफहौसेन को सौंप दीं। छह माह के गहन अध्ययन के बाद उन दोनों ने अपनी खोजबीन के निष्कर्ष एक अकादमिक बैठक में प्रस्तुत किए। फुलरॉट ने हड्डियों की उम्र के बारे में बताया। हड्डियों की उम्र का पता दो प्रमाणों से चला था – उस प्रस्तर की गहराई जहाँ से वे हड्डियाँ प्राप्त हुई थीं और हड्डियों के

बॉक्स-1 : प्रजातियाँ, वंश और परिवार

अरस्तू के समय से लेकर अठारहवीं शताब्दी के अन्त तक सामान्यत: यह माना जाता था कि प्रजातियों में परिवर्तन नहीं होता है, या वे विलुप्त नहीं होती हैं और वे आनुवांशिक रूप से एक-दूसरे से सम्बन्धित नहीं होती हैं, भले ही उनमें से कुछ एक समान प्रतीत होती हों। उन्नीसवीं सदी की शुरुआत में कुछ प्रकृतिवादियों और वैज्ञानिकों, जैसे कि लैमार्क, के बीच यह विचार विकसित होने लगा था कि समय के साथ प्रजातियों में परिवर्तन होते हैं। 1859 में, चार्ल्स डॉर्विन ने यह मशहूर विचार प्रस्तुत किया कि आबादियाँ (विभिन्न प्रजातियों के रूप में) विकसित होती हैं और ऐसा आबादी के जीवों के बीच प्राकृतिक रूप से होने वाले परिवर्तनों के चयन के माध्यम से होता है।

मोटेतौर पर, वे सभी जीव जो प्राकृतिक रूप से सम्भोग करते हैं और आसानी-से प्रजननक्षम सन्तानें पैदा करते हैं उन्हें एक ही प्रजाति का माना जाता है। हालाँकि कभी-कभी एक ही प्रजाति के विभिन्न समूह (या आबादियाँ) एक-दूसरे से अलग-थलग हो सकते हैं। हज़ारों सालों में, अलग-थलग हो चुकी इन आबादियों में से प्रत्येक में कुछ आनुवांशिक परिवर्तन (या उत्परिवर्तन) होते हैं, जो उनके सदस्यों के लिए फ़ायदेमन्द होते हैं, लेकिन जो उसी प्रजाति की अन्य आबादियों में शायद मौजूद नहीं होते। ऐसे आनुवांशिक और व्यवहार सम्बन्धित परिवर्तनों के कारण एक समय के बाद इन विभिन्न आबादियों के जीवों के बीच अन्तर्प्रजनन (inter-breeding) अधिक दुर्लभ और फिर असम्भव हो जाता है। तब इन आबादियों को अलग प्रजातियाँ कहा जाता है।

एक समान पूर्वज से इस प्रकार विकसित हुई दो या दो से अधिक प्रजातियाँ एक वंश के तहत समूहबद्ध की जाती हैं, और समान पीढ़ियाँ एक परिवार के तहत समूहबद्ध की जाती हैं। उदाहरण के लिए, शेर, बाघ, जगुआर, तेन्दुओं और हिमतेन्दुओं को अलग-अलग प्रजाति माना जाता है क्योंकि यह सामान्यत: एक-दूसरे के साथ सम्भोग नहीं करते हैं, और यदि किन्हीं दुर्लभ स्थितियों में करते भी हैं तो इनकी सन्तानें प्रजननक्षम नहीं होती हैं। हालाँकि यह पाँचों प्रजातियाँ एक समान पूर्वज से सम्बन्धित हैं – ऐसा माना जाता है कि यह पूर्वज लगभग 60 लाख से 1 करोड़ वर्ष पहले हुआ करता था – और इसलिए, इन प्रजातियों को पैंथेरा (Panthera) वंश के तहत एक साथ समूहबद्ध किया गया है (**चित्र-3 देखें**)।

किसी भी प्रजाति के वैज्ञानिक नाम में दो भाग होते हैं – पहला भाग, जो इन पाँचों जीवों के लिए एक समान है, वंश का नाम होता है, जबकि दूसरा भाग प्रत्येक प्रजाति के लिए विशिष्ट होता है। उदाहरण के लिए, वैज्ञानिक शब्दों में, शेरों को *पैंथेरा लियो* (Panthera leo), बाघों को *पैंथेरा टाइग्रिस* (Panthera tigris), जगुआर को *पैंथेरा ओंका* (Panthera onca), तेन्दुओं को *पैंथेरा पार्डस* (Panthera pardus) और हिमतेन्दुओं को *पैंथेरा अनसिया* (Panthera uncia) कहा जाता है। *पैंथेरा* वंश की ये पाँच प्रजातियाँ, कुछ अन्य प्रजातियों जैसे कि कौगर, चीता और घरेलू बिल्लियों (जो विभिन्न अन्य वंश से सम्बन्धित हैं) के साथ मिलकर फेलिडे (Felidae) परिवार बनाती हैं – जिसे सामान्यत: 'बिल्लियों के परिवार' (Family of Cats) के रूप में जाना जाता है।

चित्र-3 : फेलिडी कुल की कुछ प्रजातियाँ।

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

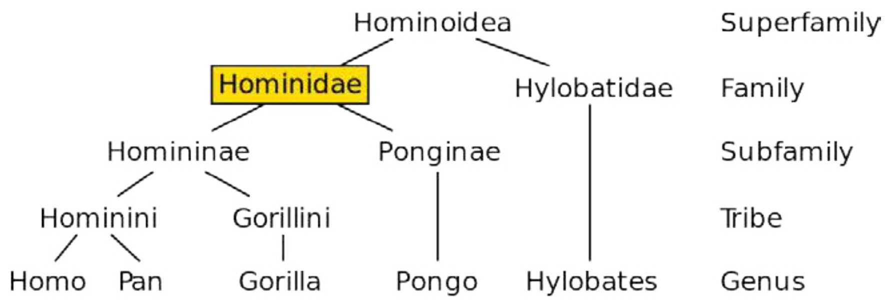
अनुवाद : कविता तिवारी

खनिजीकरण और सतह पर उभरी डेंड्राइटिक संरचनाओं से। शाफहौसेन ने खोपड़ी के असामान्य आकार (कपाल नीचे होना तथा उसकी ढलान और आँखों के ऊपर हड्डी से बना उभार) और सामान्य रूप से सारी हड्डियों की उल्लेखनीय मोटाई के बारे में बताया (**देखें चित्र-2**)।

दोनों ने सुझाया कि ये हड्डियाँ प्रागैतिहैसिक काल के मनुष्य की हैं, जो आधुनिक मानवों के आगमन से पहले जर्मनी में रहा करते थे।

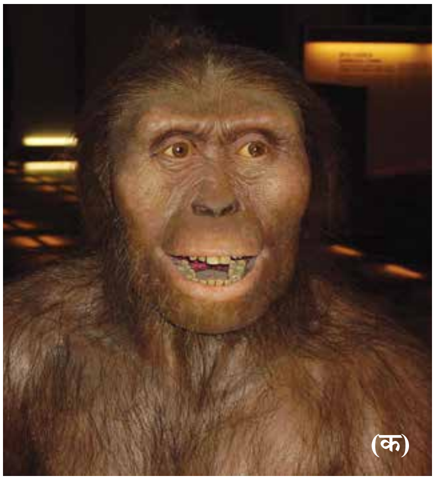
हम कहाँ से आए?

जीवों का नामकरण द्विनाम पद्धति से करने तथा उन्हें विभिन्न स्तरों (जगत, वर्ग, श्रेणी, वंश और प्रजाति) का उपयोग करके वर्गीकृत करने की प्रणाली को औपचारिक रूप देने का काम 18वीं सदी के मशहूर स्वीडिश वैज्ञानिक कार्ल लीनियस ने किया था। लीनियस ने हमारी प्रजाति को उसका वैज्ञानिक नाम दिया था – *होमो सेपियंस* (शब्दशः बुद्धिमान मानव)। उसके बाद लगभग एक शताब्दी तक यह माना जाता था कि हमारे वंश *होमो* में कोई और प्रजाति नहीं है। यह माना जाता था कि हमारे कुल होमिनिडी (जिसे ग्रेट ऐप्स या महावानरों का कुल भी कहते हैं) के अन्य सदस्य हमारे निकटतम सम्बन्धी हैं (**देखें चित्र-4**)। महावानर परिवार में चार जीवित वंश हैं और सात जीवित प्रजातियाँ हैं : बोर्नियन और सुमात्रन ओरांगुटान



चित्र-4 : होमिनिडी कुल के सदस्य।

Credits: Fred the Oyster, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hominidae_chart.svg License: CC BY-SA.



चित्र-5 (क) : *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* का चित्र : उपलब्ध जानकारी और कल्पना पर आधारित।

Credits: Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Australopithecus_afarensis.JPG License: CC BY-SA.

चित्र-5 (ख) : 37 लाख वर्ष पुराने पदचिह्न के जीवाश्म।

Credits: Momotarou2012, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laetoli_footprints_replica.jpg. License: CC BY-SA.

(वंश *पोंगो*), पूर्वी व पश्चिमी गोरिल्ला (वंश *गोरिल्ला*), चिम्पैंज़ी और बोनोबो (वंश *पैन*) तथा मानव (वंश *होमो*)।

फुलरॉट और शाफहौसेन द्वारा निएंडरथल (थल जर्मन शब्द है जिसका अर्थ होता है घाटी) की अश्मीभूत हड्डियों के बारे में प्रस्तुत निष्कर्षों के छह वर्ष बाद एक आइरिश भूगर्भशास्त्री विलियम किंग ने एक प्रक्रिया शुरू की थी जो हमारी स्वयं के बारे में समझ और विश्व में अपने स्थान को लेकर हमारी समझ में लगातार इज़ाफ़ा कर रही है। उन्होंने सुझाया था कि निएंडरथल हड्डियाँ न तो *होमो सेपियंस* की हैं और न ही होमिनिडी (महावानर) कुल के किसी अन्य वंश की हैं बल्कि एक अन्य मानव प्रजाति की हैं; इसे उन्होंने *होमो निएंडरथलेंसिस* नाम दिया था।[4,5] पिछली डेढ़ सदी में दुनिया के विभिन्न हिस्सों में नए-नए जीवाश्म रिकॉर्ड्स और पुरातात्विक स्थलों की खोज हुई है। इसके अलावा आणविक जीवविज्ञान और जेनेटिक्स के क्षेत्र में काफ़ी तरक़्क़ी हुई है। इनकी बदौलत हम एक प्रजाति के रूप में अपने विकास की एक अपेक्षाकृत स्पष्ट तस्वीर निर्मित कर पाए हैं।

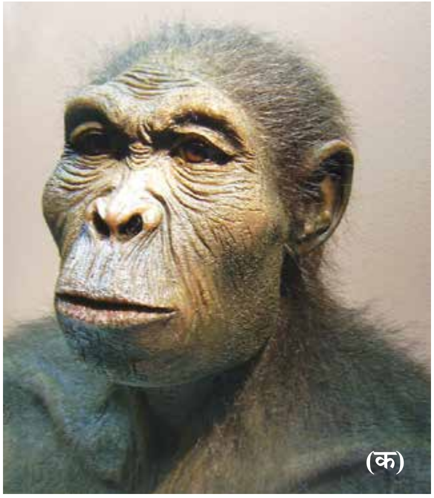
ये विस्तृत अन्वेषण दर्शाते हैं कि हमारा वंश *होमो* महावानर कुल के एक विलुप्त वंश *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* से विकसित हुआ है (**देखें चित्र-5**)। *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* अफ्रीका में लगभग 40 लाख साल पहले विकसित हुए थे और धीरे-धीरे समूचे अफ्रीका महाद्वीप में फैल गए थे। हालाँकि उनके भेजे का आकार (क़रीब 450 घन सेमी) और जबड़ों की आकृति आधुनिक मानव से काफ़ी अलग थे किन्तु *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* आदतन दोपाए थे। यह बात सबसे पहले 37 लाख साल पुराने 24 मीटर लम्बाई में फैले पदचिह्न-जीवाश्मों से पता चली थी। ये जीवाश्म *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* के तीन सदस्यों के थे जो ज्वालामुखीय राख में संरक्षित मिले थे। इनकी खोज 1976 में जिस स्थान पर हुई थी वह आजकल का तंज़ानिया है।

ऐसा माना जाता है कि *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* वंश की एक प्रजाति की अलग-थलग आबादी ने क़रीब 20-30 लाख वर्ष पूर्व हमारे वंश *होमो* को जन्म दिया था। पूरा *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* वंश आज से क़रीब 20 लाख वर्ष पूर्व विलुप्त हो गया था। *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* से विकसित होने वाली सबसे प्राचीन *होमो* प्रजाति (यानी मानव) *होमो हैबिलिस* (*Homo habilis*) थी (**चित्र-6 क देखें**)। इस प्रजाति के सदस्य हमसे क़द में छोटे थे (ऊँचाई क़रीब 4 फुट 3 इंच) जबकि उनके भेजे का आयतन *ऑस्ट्रेलोपिथिक्स* से कहीं ज़्यादा था (क़रीब 600-650 घन सेमी)। सर्वप्रथम इन्होंने ही पत्थर के औज़ारों का उपयोग किया था, सम्भवतः मृत पशुओं को चीरने-फाड़ने या खाल उतारने के लिए।

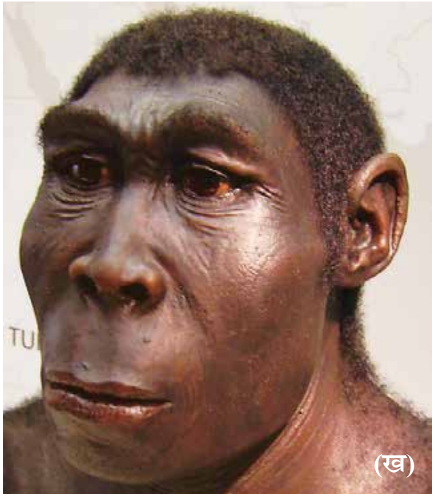
विकास के क्रम में इसके बाद दो निकट सम्बन्धित *होमो* प्रजातियाँ आईं – *होमो एर्गेस्टर* (*Homo ergaster*) और *होमो इरेक्टस* (*Homo erectus*)। ऐसा माना जाता है कि *होमो एर्गेस्टर* क़रीब 20 लाख साल पहले विकसित हुई थी (या तो *होमो हैबिलिस* से या उससे स्वतंत्र रूप से)। यह प्रजाति पूर्वी व दक्षिणी अफ्रीका में लगभग 14 लाख साल पहले तक निवास करती थी। इनकी खोपड़ी का नाप तक़रीबन 900 घन सेमी था जो *होमो हैबिलिस* से अधिक था और ये लोग कहीं ज़्यादा उन्नत तथा विविध औज़ारों का उपयोग करते थे, जैसे दुधारी कुल्हाड़ी (bifacial axes)।

हालाँकि यह बात प्रमाणित नहीं हुई है लेकिन कई वैज्ञानिक मानते हैं कि *होमो एर्गेस्टर* वह पहली मानव प्रजाति थी जिसने अफ्रीका से बाहर यूरोप व एशिया में प्रवास किया था और *होमो* वंश की यही शाखा आगे चलकर एक अन्य प्रजाति *होमो इरेक्टस* में विकसित हुई थी। कई अन्य वैज्ञानिक मानते हैं कि *होमो एरेक्टस* का विकास अफ्रीका में हुआ था और फिर वे यूरोप व एशिया में फैले थे। इन वैज्ञानिकों के मुताबिक़ *होमो एर्गेस्टर* के जो जीवाश्म हमें मिलते हैं वे किसी अलग

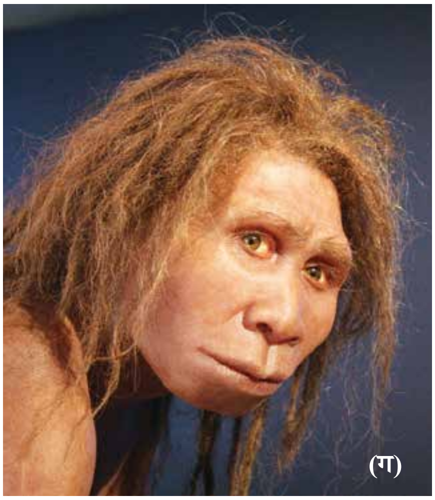
चित्र-6 : उपलब्ध जानकारी और कल्पना पर आधारित चित्र **(क)** *होमो हैबिलिस*, **(ख)** *होमो एरेक्टस* पुरुष और **(ग)** *होमो एरेक्टस जॉर्जिकस* औरत।



(क) Credits: Lillyundfreya, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_habilis#/media/File:Homo_habilis.JPG. License: CC BY-SA.



(ख) Credits: Rafaelamonteiro80~commonswiki, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homo_erectus_new.JPG. License: CC BY-SA.



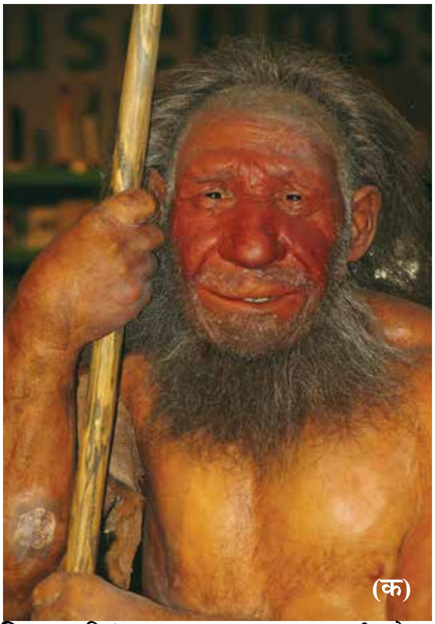
(ग) Credits: User 120, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homo_georgicus.jpg. License: CC BY-SA.

प्रजाति के नहीं बल्कि *होमो एरेक्टस* की ही एक आबादी के हैं जो अफ्रीका में ही बनी रही। अलबत्ता, इस बात को लेकर वैज्ञानिक समुदाय में आम सहमति है कि *होमो एरेक्टस* 18 लाख से 13 लाख वर्ष पूर्व की अवधि में जॉर्जिया, भारत, श्रीलंका, चीन, वियतनाम और इंडोनेशिया जैसे दूर-दूर के इलाक़ों में फैल गए थे। ऐसा माना जाता है कि *होमो एरेक्टस* सबसे लम्बे समय तक मौजूद रही प्रजाति थी जो दुनिया के कुछ हिस्सों में 70,000 वर्ष पूर्व तक अस्तित्व में रही।

होमो एरेक्टस का क़द औसतन 5 फुट 10 इंच होता था और खोपड़ी का आयतन 1100-1200 घन सेमी होता था जो वर्तमान मनुष्यों के तुल्य था। ऐसा माना जाता है कि यही सबसे पहले मानव थे जो खाना पकाते थे और आग का नियंत्रित उपयोग करते थे (**चित्र-6 ख** और **6 ग देखें**)।

इसी दौरान *होमो एर्गेस्टर* की एक आबादी (या *होमो एरेक्टस* की अफ्रीका में बनी रही आबादी) एक अन्य प्रजाति *होमो हाइडेलबर्गेंसिस* में विकसित हो गई, जिसमें *होमो एरेक्टस* और आधुनिक मानव के मिले-जुले शारीरिक लक्षण थे। यह प्रजाति अफ्रीका में लगभग 7 लाख साल पहले प्रकट हुई थी। क़रीब 3 लाख से 4 लाख साल पहले के बीच *होमो हाइडेलबर्गेंसिस* यूरोप और एशिया के कुछ हिस्सों में प्रवास कर गए। यूरोपियन समूह से सम्बन्धित पुरातात्विक स्थल स्पेन, इंग्लैंड, जर्मनी, हंगरी और यूनान में मिले हैं। यही वे समूह थे जो अन्ततः उस प्रजाति में विकसित हुए थे जिनके अवशेष पश्चिम जर्मनी की ख़ूबसूरत निएंडर घाटी में चूना पत्थर खनिकों को अगस्त 1856 में मिले थे : यानी *होमो निएंडरथलेंसिस*।

होमो हाइडेलबर्गेंसिस के एशियाई समूह डेनिसोवन के रूप में विकसित हुए (जिनकी चर्चा अगले खण्ड में की गई है) और इसी प्रजाति का एक समूह जो अफ्रीका में रुका रहा था (जिसे कभी-कभी *होमो रोडेंसिस* के रूप में वर्गीकृत किया जाता है) धीरे-धीरे हमारी अपनी प्रजाति *होमो सेपियंस* यानी



चित्र-7 : निएंडरथल का उपलब्ध जानकारी और कल्पना पर आधारित चित्र।

(क) Credits: Stefan Scheer, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neandertaler_reconst.jpg. License: CC BY-SA.

(ख) Credits: Tim Evanson, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Homo_neanderthalensis_adult_male_-_head_model_-_Smithsonian_Museum_of_Natural_History_-_2012-05-17.jpg. License: CC BY-SA.

'आधुनिक मानव' के रूप में विकसित हुआ (आमतौर पर *होमो हाइडेलबर्गेंसिस* और *होमो रोडेंसिस* को प्राचीन मानव के रूप में वर्गीकृत किया जाता है)।

हाल का घटनाक्रम

रोज़मर्रा की ज़ुबान में किसी को निएंडरथल कहना अपमानजनक माना जाता है – निएंडरथल की छवि एक असभ्य, बेवकूफ़ और गंवार गुफामानव की है। यह छवि उन्नीसवीं सदी में उपलब्ध अत्यल्प प्रमाणों की ग़लत व्याख्या और उस समय के विशेषज्ञों के धार्मिक/ राजनैतिक पूर्वाग्रहों का परिणाम है। निएंडरथल का विकास (3 से 4 लाख वर्ष पूर्व) लगभग उसी समय हुआ था जब आधुनिक मानव (क़रीब 2 लाख साल पूर्व) विकसित हो रहे थे। इन दोनों का पूर्वज साझा था – *होमो हाइडलबर्गेंसिस*। शारीरिक रूप से वे हम आधुनिक मनुष्यों से बीस ही बैठते – क़द लगभग समान (औसतन 5 फुट 6 इंच), भुजाएँ थोड़ी छोटी मगर ज़्यादा शक्तिशाली, ठुड्डी थोड़ी छोटी, नाक बड़ी और पसलियों का पिंजड़ा बेलनाकार था। कुल मिलाकर माना जाता है कि वे नाटे और गठीले थे और

चित्र-8 : भालू की खोखली फ़ीमर में बराबर अन्तराल पर सुराख़।

Credits: File Upload Bot (Magnus Manske), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fl%C3%BBte_pal%C3%A9olithique_(mus%C3%A9e_national_de_Slov%C3%A9nie,_Ljubljana)_(9420310527).jpg. License: CC BY-SA.

बहुत शक्तिशाली थे (**देखें चित्र-7**)। उनकी खोपड़ी का आयतन भी ज़्यादा था (हमारे 1300 घन सेमी की तुलना में 1600 घन सेमी)। *निएंडरथल* हड्डियों, सींगों, लकड़ी और पत्थरों से अत्यन्त परिष्कृत औज़ार बनाते थे – जैसे हथौड़ा, कार्य विशेष के अनुसार कुल्हाड़ियाँ और भाले। वे मनमर्ज़ी से आग जला लेते थे, गुफा में निवास करते समय कृत्रिम रोशनी का उपयोग कर सकते थे और आवास तथा चूल्हे बनाते थे। वे उत्कृष्ट शिकारी थे (वे अत्यन्त नफ़ीस जाल बिछाते थे और समूहों में शिकार करते हुए वुली मैमथ जैसे बड़े-बड़े जानवरों को भी घेर लेते थे)। हालाँकि आमतौर पर वे 10-15 के समूहों में रहते थे किन्तु उनमें अपेक्षाकृत बड़े व अधिक पेचीदा सामाजिक समूह बनाने की क्षमता थी। कुछ शुरुआती माइटोकॉण्ड्रियल प्रमाणों से संकेत मिलता है कि इस प्रजाति के नर अकसर एक ही सामाजिक समूह में टिके रहते थे, जबकि मादाएँ अपने 'साथी' के समूह में चली जाती थीं।

हमें ऐसे कंकाल सम्बन्धी प्रमाण भी मिले हैं, जो दर्शाते हैं कि निएंडरथल कभी-कभी मृतक को दफ़नाते थे, घायलों की देखभाल करते थे, उन्हें वापिस तन्दुरुस्त बना लेते थे, शब्दों का उच्चारण कर सकते थे और सम्भवतः उनकी अपनी भाषा भी थी। माँस के अलावा, उनके भोजन में पके-अनपके वनस्पति पदार्थ, काष्ठ फल, मशरूम, सील मछलियाँ और शेलफ़िश भी होते थे। हालाँकि हम नहीं जानते कि वे व्यापार करते थे या नहीं, लेकिन इस बात के प्रमाण हैं कि वे 1 लाख 10 हज़ार वर्ष पूर्व खोखले तनों से बनी नौकाओं में भूमध्यसागर में यात्राएँ करते थे। कुछ पुरातात्विक स्थलों से संकेत मिला है कि वे भूर्ज की छाल को अत्यधिक ऊँचे तापमान पर तपाकर गोंद भी निकालते थे, आभूषणों और रंगों का उपयोग करते थे और पक्षियों के पंख इकट्ठे करते थे – सम्भवतः निजी श्रृंगार के लिए। ऐसे एक

बॉक्स-2 : मानव उद्विकास के शिक्षण से सम्बन्धित संसाधन

उद्विकास से सम्बन्धित सवालों की पड़ताल करने में बच्चों की मदद करने के लिए आप नीचे दिए गए कुछ संसाधन इस्तेमाल कर सकते हैं :

- Teaching Evolution through Human Examples (http://humanorigins.si.edu/education/teaching-evolution-through-human-examples) **:** मानव की त्वचा के रंग के विकास और ऊँचाई के प्रति मानव जाति के अनुकूलन जैसे उदाहरणों का इस्तेमाल करते हुए यह चार पाठ्यचर्या इकाइयाँ पर्यनुकूलन (acclimation) और अनुकूलन (adaptation) के बीच अन्तर, प्राकृतिक चयन के लिए वैज्ञानिक प्रमाण और यह समझाने में मदद करती हैं कि कैसे विकास एक सतत प्रकिया है।
- Comparison of Human and Chimpanzee Chromosomes (http://www.indiana.edu/~ensiweb/lessons/chromcom.html) **:** हमारे गुणसूत्र का अध्ययन, विशेषकर अन्य प्रजातियों के गुणसूत्रों से तुलना करने पर, हमें हमारे उद्विकास के इतिहास के बारे में क्या बता सकता है? यह पाठयोजना मानव और चिम्पांजी के चिह्नित गुणसूत्रों पर देखे गए बैंडिंग पैटर्नों की तुलना करने और उनके वैकासिक सम्बन्धों का पता लगाने में मदद करती है।
- Mystery Skull Interactive (http://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/mystery-skull-interactive) **:** वैज्ञानिक कैसे जानते हैं कि नया खोजा गया कोई भी जीवाश्म पहले से पहचानी गई किसी प्रजाति का है या नई प्रजाति का? यह इंटरैक्टिव वेबसाइट विद्यार्थियों को वैज्ञानिकों द्वारा अपने काम में इस्तेमाल की जाने वाली विधियों का उपयोग करके 'रहस्यमय खोपड़ी' (mystery skull) का पता लगाने के मौक़े देती है।
- Becoming Human (एक डॉक्युमेंट्री) : हालिया वैज्ञानिक निष्कर्षों पर आधारित यह डॉक्युमेंट्री मानव विकास में *ऑस्ट्रेलोपिथेकस* (Australopithecus) के महत्त्व को बताती है। यह केन्या में मिले *होमो इरेक्टस* के लगभग पूर्ण नमूने का भी वर्णन करती है और निएण्डरथल के अन्त की भी पड़ताल करती है। इस वेबसाइट http://www.pbs.org/wgbh/nova/evolution/ पर उद्विकास के शिक्षण के लिए कई सारे ऑडियो/वीडियो संसाधन उपलब्ध हैं।
- A Different Flesh **:** हैरी टर्टलडव की छोटी कहानियों का संकलन। यह कहानियाँ एक काल्पनिक दुनिया पर आधारित हैं जिसमें *होमो इरेक्टस* आधुनिक समय तक जीवित रहता है।

यह तथ्य कक्षाओं में समृद्ध और जीवन्त चर्चा का कारण बन सकता है कि शायद मनुष्यों की एक दर्जन या इससे ज़्यादा प्रजातियाँ थीं। इनमें से कुछ प्रजातियाँ हमसे बमुश्किल अलग थीं; कुछ अन्य प्रजातियाँ कठोर और लगातार बदलती जलवायु और भौगोलिक परिस्थितियों में 20 लाख वर्षों तक (हमारे अस्तित्व के लगभग 2 लाख वर्षों की तुलना में) जीवित रहीं। कुछ मानव प्रजातियाँ तो हमारी अपनी प्रजाति के समय और समान भौगोलिक क्षेत्रों में भी अस्तित्व में थीं! अपने विद्यार्थियों के साथ इनमें से कुछ प्रश्नों की पड़ताल करें – क्या *होमो सेपियन्स* 'पशु' की अन्य प्रजातियों से उतने ही भिन्न हैं जैसा कि हम अकसर मानते हैं? क्या हम वास्तव में, जैसा कि कई धर्म और संस्कृतियाँ हमें विश्वास दिलाना चाहती हैं, उद्विकास के 'शिखर' पर हैं? मान लें कि कोई अन्य मानव प्रजाति वर्तमान समय तक जीवित रहने में कामयाब हो जाती, तो हम उनके साथ कैसा व्यवहार करते? क्या वे मनुष्य – जिन्होंने हमें अपने जीनोम का एक हिस्सा विरासत में दिया है – हमारे समाज, या हमारे चिड़ियाघरों का हिस्सा होते? क्या उन्हें 'मानवाधिकार' दिए जाते? इन सवालों की भी पड़ताल करें कि आधुनिक काल तक कोई भी अन्य मानव प्रजाति जीवित क्यों नहीं बची, जबकि वे हमारी प्रजाति के प्रकट होने से पहले सैकड़ों-हज़ारों वर्षों तक जीवित रहने में कामयाब रही थीं? उनके सामूहिक रूप से ग़ायब होने में यदि हमारे पूर्वजों की कोई भूमिका थी, तो वह क्या थी? उनके ग़ायब होने और हमारे वैकासिक इतिहास का हमारे भविष्य के लिए क्या मतलब है?

अनुवाद : कविता तिवारी

स्थल से भालू की खोखली फ़ीमर (जाँघ की हड्डी) मिली है जिस पर जान-बूझकर बराबर-बराबर दूरी पर साफ़-सुथरे छेद किए गए हैं (**देखें चित्र-8**)। एक मत है कि यह बाँसुरी या किसी अन्य वाद्य यंत्र का भाग रहा होगा।

होमो निएंडरथलेंसिस और *होमो सेपियंस* कई हज़ारों सालों तक एक ही इलाक़े में रहते थे (मोटेतौर पर आजकल के इंग्लैंड से लेकर उज़्बेकिस्तान के बीच); कई बार तो ये दोनों एक ही स्थल पर या एक ही गुफा में रहा करते थे, जहाँ चन्द दशक या सदियों पहले कुछ अन्य प्रजातियों का निवास था। *निएंडरथल* का आख़िरी समूह दक्षिणी स्पेन में आज से क़रीब 25 हज़ार वर्ष पूर्व तक अस्तित्व में था। तुलना के लिए यह देखिए कि मिस्र की हल्फ़न संस्कृति लगभग इसी समय प्रकट होने लगी थी और आधुनिक मानव की खेतिहर बसाहटें 12 हज़ार से 10 हज़ार वर्ष पूर्व अस्तित्व में आई थीं।

जर्मनी में लीपज़िग स्थित मैक्स प्लैंक इंस्टीट्यूट फॉर इवॉल्यूशनरी एँथ्रोपोलॉजी द्वारा एक निएंडरथल मादा की हड्डी के टुकड़े से प्राप्त डीएनए के अध्ययन से शोधकर्ताओं के मन में कौंधते एक सवाल का जवाब खोजने में मदद मिली है : क्या हमारी प्रजाति निएंडरथल के साथ प्रजनन किया करती थी? चौंकाने वाला जवाब है, हाँ। अफ़्रीका के बाहर के आधुनिक मानवों में 1-4 प्रतिशत जीन्स *होमो निएंडरथल* से आए हैं। इनमें वे जीन्स शामिल हैं जो हमारे प्रतिरक्षा तंत्र, हमारी त्वचा, बालों की वृद्धि और रंजकों का नियमन करते हैं; यहाँ तक कि हमारी चयापचय क्रिया तथा ठण्ड के प्रति हमारी सहनशीलता का नियमन करने वाले जीन्स भी हैं इनमें। और तो और, 2010 में वैज्ञानिकों को मनुष्यों की एक अन्य उप प्रजाति (जिसे अस्थाई नाम *होमो सेपियंस उपप्रजाति डेनिसोवा* दिया गया है) के अवशेष साइबेरिया की एक दूर-दराज़ गुफा में मिले, जिसमें अलग-अलग समय पर निएंडरथल और आधुनिक मानव, दोनों निवास कर चुके थे। डेनिसोवन और निएंडरथल की उत्पत्ति साझा है और वे साइबेरिया से दक्षिण-पूर्वी एशिया तक फैले हुए थे। जेनेटिक अध्ययनों से पता चला है कि आधुनिक मानव इस उप प्रजाति के साथ भी प्रजनन करते थे और आजकल के मेलेनेशियंस और आदिम ऑस्ट्रेलियंस का 3-5 प्रतिशत डीएनए डेनिसोवंस से आया है। ख़ासतौर से, जीन के वह रूप जो देशी तिब्बती लोगों को उनके इलाक़े में पाई जाने वाली कम ऑक्सीजन और ऊँचाई वाले स्थानों की परिस्थिति में बेहतर जी पाने की क़ाबिलियत देता है, उन्हें हमारे डेनिसोवन पूर्वजों की सौगात है।[8]

हमारे अलावा जो एकमात्र *होमो* प्रजाति आधुनिक समय तक अस्तित्व में रही वह सम्भवतः *होमो फ्लोरिएंसिस* थी। ऐसा माना जाता है कि यह प्रजाति *होमो एरेक्टस* की प्रवासी आबादियों से विकसित हुई थी और इंडोनेशिया के अलग-थलग फ्लोर्स द्वीप पर रहती थी। कुछ अध्ययन दर्शाते हैं कि इस द्वीप पर यह प्रजाति आज से 12 हज़ार वर्ष पूर्व तक अस्तित्व में थी। यानी हमारी अपनी प्रजाति के इस द्वीप पर बसने के काफ़ी समय बाद तक।

निष्कर्ष

हमारे वंश और प्रजाति के विकास की कहानी ने (कम-से-कम कुछ हद तक) कतिपय शाश्वत सवालों के जवाब दिए हैं – हम कौन हैं, कहाँ से आए हैं और कहाँ जा रहे हैं। वैसे यह इस मायने में दिलचस्प है कि यह इस बात की अच्छी मिसाल है कि वैज्ञानिक काम कैसे करते हैं : परिकल्पना बनाना, धैर्यपूर्वक कई पीढ़ियों तक प्रमाण जुटाना, अन्य लोगों के निष्कर्षों और योगदान पर आगे बढ़ना, नए प्रमाण मिलने पर अनुपयुक्त परिकल्पनाओं को ख़ारिज करना और जी हाँ, कभी-कभी संयोगवश कोई चीज़ हाथ लग जाना। यह कहानी विविध क्षेत्रों से प्रेरणा लेती है (मानवविज्ञान, भूगर्भशास्त्र, जीवविज्ञान, शारीरिकी, भौतिकी, रसायनशास्त्र और आणविक जीवविज्ञान) और इस लिहाज़ से इसका उपयोग यह जताने के लिए भी किया जा सकता है कि कैसे विभिन्न वैज्ञानिक विषयों को साथ लाकर ऐसे सवालों के जवाब खोजे जा सकते हैं जिन्हें किसी समय 'लाजवाब' या 'वैज्ञानिक न्यायक्षेत्र' से बाहर का माना जाता था।

Note: Credits for the article title and the image used in its background: *D'où venons-nous? Que sommes-nous? Où allons-nous?* Paul Gauguin (oil on canvas), Museum of Fine Arts Boston, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paul_Gauguin_-_D%27ou_venons-nous.jpg. License: CC-BY-SA.

References

1. Aczel A (2008) The Jesuit and the skull. Penguin Group, USA.
2. Lyell C (1863) Geological evidences of the antiquity of Man. Cosimo Classics, United Kingdom.
3. Schrenk F, Müller S (2005), Die Neandertaler. C. H. Beck, Münich.
4. King W (1864). The reputed fossil man of the Neanderthal. Retrieved from: http://www.boneandstone.com/articles_classics/king_1864.pdf.
5. Toth N and Schick K (2005). African origins in the human past: World prehistory and the development of human societies (Editor: Chris Scarre). London: Thames and Hudson.
6. Masao, Fidelis T et al. New Footprints from Laetoli (Tanzania) Provide Evidence for Marked Body Size Variation in Early Hominins. Ed. George H Perry. eLife 5 (2016): e19568. PMC. Web. 2 July 2017.
7. Mooallem J (2017). Neanderthals were people too. New York Times. Retrieved on 13th March, 2017 from: https://www.nytimes.com/2017/01/11/magazine/neanderthals-were-people-too.html?
8. Singer E (2016). How Neanderthal DNA helps humanity. Quanta Magazine. Retrieved on 13th March, 2017 from: https://www.quantamagazine.org/20160526-neanderthal-denisovan-dna-modern-humans/.

अविनाश कुमार विप्रो की सामाजिक पहल 'विप्रो एप्लाइंग थॉट इन स्कूल्स' के साथ काम करते हैं। यह पहल देश के विभिन्न राज्यों में स्कूली शिक्षा को बेहतर बनाने के काम में लगे सिविल सोसायटी संगठनों को समर्थन देती है। अविनाश कुमार से avinash.kumar@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

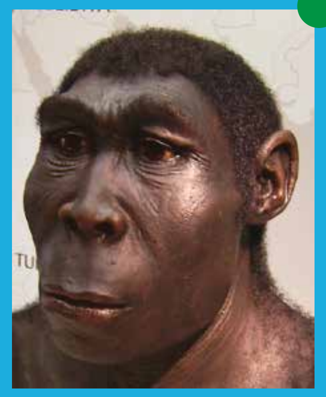
अनुवाद : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

मानव विकास

ऑस्ट्रलोपिथेकस प्रजाति

- सम्भवत: सबसे पहला अविकल्पी दोपाया और होमिनीनी जनजाति का सदस्य
- माना जाता है कि ऑस्ट्रलोपिथेकस प्रजातियों में से ही एक अफ़्रीका में बीस लाख साल पहले होमो वंश बन गया।

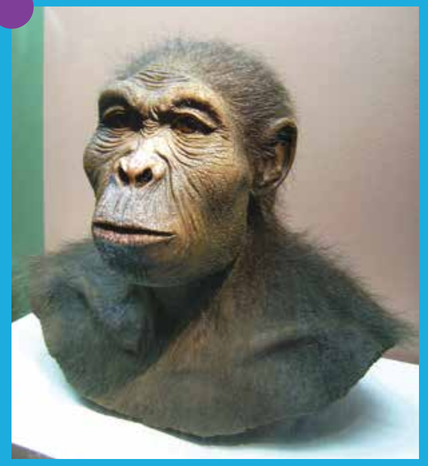
Image credits: Esv, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homo_habilis.JPGhttps://commons.wikimedia.org/wiki/File:A.afarensis.jpg. License: Public Domain.



होमो इरेक्टस

- इस नाम का अर्थ है 'सीधा खड़ा आदमी'
- यूरोप और एशिया में फैला
- इसने आग का इस्तेमाल किया और भोजन को पकाया
- सम्भवत: पहला होमिनिन है – जो समूह में रहता था, आधुनिक शिकारी-संग्रहकर्ताओं के समान

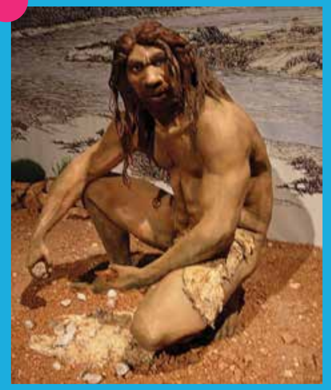
Image credits: Rafaelamonteiro80, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Homo_erectus_new.JPG. License: CC-BY-SA.



होमो हैबिलिस

- इस नाम का शाब्दिक अर्थ है 'हाथ वाला आदमी'
- सम्भवत: पहली होमो प्रजाति
- पत्थर के औज़ारों के उपयोग पर महारत हासिल करने वाले पहले होमिनिन में से एक

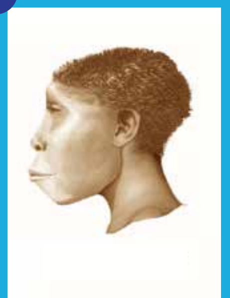
Image credits: Lillyundfreya, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homo_habilis-JPG. License: CC-BY-SA.



होमो हाइडलबर्गेंसिस

- होमो इरेक्टस के साथ लक्षण साझा करता है
- माना जाता है कि इसका विकास निएंडरथल के रूप में हुआ था

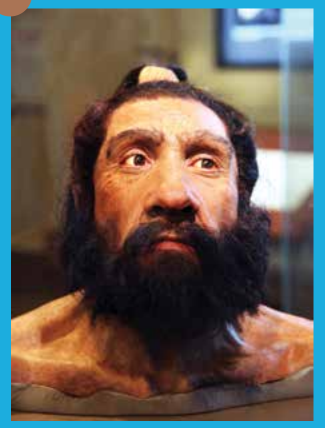
Image credits: Jose Luis Martinez Alvarez, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Homo_heidelbergensis_(10233446).jpg. License: CC-BY-SA.



होमो एर्गस्टर

- इस नाम का अर्थ है 'कारीगर'
- विविध प्रकार के परिष्कृत पत्थर के औज़ारों का उपयोग करता था, जैसे दोपृष्ठी कुल्हाड़ियाँ
- अफ़्रीका से बाहर निकलने वाली शायद पहली होमो प्रजाति है

Image credits: H005, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Nariokotome_Boy_Reconstruction.jpg. License: Public Domain.



होमो निएंडरथेलेंसिस

- वर्तमान मानवों के साथ 99.7% डीएनए साझा करता है
- शीर्ष शिकारी थे, आवास बनाते थे और छोटे समूहों में रहते थे
- माना जाता है कि वे कला और आभूषणों का इस्तेमाल करते थे और प्रतीक-आधारित सोच-विचार में सक्षम थे।

Image credits: Tim Evanson, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homo_neanderthalensis_adult_male_-_head_model_-_Smithsonian_Museum_of_Natural_History_-_2012-05-17.jpg. License: CC-BY-SA.

क्र.सं.	वंश / प्रजातियाँ	सामयिक सीमा (KYA*)	आवास	वयस्क की ऊँचाई	वयस्क का वजन	कपाल क्षमता (सेमी³)	मुख्य जीवाश्म रिकॉर्ड
1.	ऑस्ट्रलोपिथेकस प्रजाति	3,900-2,900	अफ़्रीका	120 सेमी (4 फुट)	28 - 40 किग्रा (60 -90 पौंड)	450	इथियोपिया (लुसी)
2.	होमो हैबिलिस	2,100- 1,500	अफ़्रीका	110 - 140 सेमी (4 फुट 6 इंच)	33 - 55 किग्रा (73 -121 पौंड)	510 -660	तंजानिया
3.	होमो एर्गस्टर	1,900-1,400	पूर्वी और दक्षिणी अफ़्रीका	160 सेमी (4 फुट 6 इंच)	55 - 60 किग्रा (120 -130 पौंड)	700 -900	केन्या (तुर्की का लड़का)
4.	होमो इरेक्टस	1,900-70	अफ़्रीका यूरेशिया (जावा, चीन, भारत, काकेशस)	178 सेमी (5 फुट 10 इंच)	60 किग्रा (130 पौंड)	850 (आरम्भ में) – 1,100 (बाद में)	चीनी (पीकिंग मैन)
5.	होमो हीडलबर्गेंसिस	700-300	अफ़्रीका यूरेशिया	175 सेमी (5 फुट 10 इंच)	62 किग्रा (136 पौंड)	1,100 – 1,400	(Atapuerca) अतपुएर्क पहाड़, स्पेन
6.	होमो निएंडरथेलेंसिस	350-40	यूरोप,पश्चिमी एशिया	170 सेमी (5 फुट 7 इंच)	55 - 70 किग्रा (121 - 154 पौंड) भारी शरीर	1,200 – 1,800	जर्मनी
7.	होमो सेपियन्स	200	दुनिया भर में	150 -190 सेमी (5 फुट 7 इंच – 6 सेमी 3 इंच)	50 - 100 किग्रा (110 - 220 पौंड)	1,300 - 1,500	

*KYA – Kilo years ago. 3,900 KYA is thus 3.9 million years ago

Credit: Table adapted from https://en.wikipedia.org/wiki/Human_evolution

i wonder... Rediscovering school science

अविनाश कुमार विप्रो एप्लाइंग थॉट स्कूलों में काम करते हैं, यह विप्रो की एक सामाजिक पहल है, जो नागरिक समाज संगठनों का समर्थन करती है जो देश के विभिन्न राज्यों में भारतीय स्कूली शिक्षा की गुणवत्ता में सुधार के लिए काम कर रहे हैं। इनसे avinash.kumar@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : प्रिया त्रिवेदी **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

Azim Premji University

सुधा राजमणि के साथ साक्षात्कार

सुधा राजमणि पुणे में इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस एजुकेशन एंड रिसर्च (आईसर) में सहायक प्रोफ़ेसर हैं। खगोल जीवविज्ञान (एस्ट्रोबायोलोजी) के क्षेत्र में उनका शोध, उन घटनाओं की शृंखला को समझने पर केन्द्रित है जिन्होंने जीवन-पूर्व पृथ्वी पर प्रारम्भिक जीवन की उत्पत्ति और विकास का मार्ग प्रशस्त किया होगा। रितिका सूद के साथ इस साक्षात्कार में वे एक वैज्ञानिक के रूप में अपने अनुभव और अन्तर्दृष्टि को साझा कर रही हैं।

अपने वर्तमान काम के बारे में कुछ बताएँ

मैं पुणे में इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस एजुकेशन एंड रिसर्च (आईसर) में खगोल जीवविज्ञान की प्रयोगशाला चलाती हूँ। खगोल जीवविज्ञान असल में वैज्ञानिक शोध का एक विस्तृत क्षेत्र है जो पृथ्वी पर जीवन कैसे आया? जैसे बुनियादी प्रश्नों के उत्तर देने की कोशिश करता है। इसमें कई अन्य विषयों के बुनियादी सिद्धान्तों का उपयोग होता है, जैसे रसायनशास्त्र, जीवविज्ञान, भूविज्ञान, ब्रह्माण्डविज्ञान (कॉस्मोलाजी) वग़ैरह। इस व्यापक क्षेत्र में मेरी प्रयोगशाला उन घटनाओं की शृंखला को पहचानने का प्रयास कर रही है जिन्होंने पदार्थ के रासायनिक रूप का जैविक रूप में तब्दील होना सम्भव बनाया होगा। हम कुछ विशिष्ट प्रश्नों पर ध्यान केन्द्रित करते हैं। जैसे सूचनाधारी अणुओं का निर्माण कैसे हुआ, वे कैसे बचे रहे और कैसे जैविक रूप से प्रासंगिक कार्यों को करने के लिए विकसित हुए। हमारे पास अन्य प्रोजेक्ट्स भी हैं जिनका उद्देश्य जीवन-पूर्व शोरबे में एमिनो एसिड, आरएनए और अन्य प्रासंगिक अणुओं की आपसी क्रियाओं का अध्ययन करना है।

आपका एक आम कार्यदिवस कैसा होता है?

एक आम कार्यदिवस लगभग 10 बजे शुरू होता है। मैं अपने विद्यार्थियों के साथ उनके काम के बारे में बात करती हूँ, कमेटी की बैठकों में जाती हूँ, फिर किसी जल्द आने वाली अन्तिम तिथि वाले काम (पाण्डुलिपियों/ अनुदान के लिए) की सुध लेती हूँ आदि। सप्ताह में दो बार, हमारी प्रयोगशाला की बैठकें होती हैं जहाँ विद्यार्थी बारी-बारी से अपने प्रोजेक्ट के अपडेट प्रस्तुत करते हैं; और एक जर्नल क्लब है जहाँ हम अपने क्षेत्र से सम्बन्धित शोध पत्रों पर चर्चा करते हैं। शिक्षण सेमेस्टर के दौरान कक्षाओं की तैयारी करना और पढ़ाना भी मेरे दैनिक काम में शामिल है।

जीवविज्ञानी होने के सबसे सन्तोषजनक पहलू क्या हैं?

सबसे सन्तोषजनक बात यह है कि मेरे पास अध्ययन के लिए कोई भी प्रश्न चुनने की पूरी आज़ादी है। मुझे लगता है, यह न केवल जीवविज्ञानियों, बल्कि अन्य क्षेत्रों के वैज्ञानिकों पर भी लागू होता है। केवल औद्योगिक क्षेत्र में काम कर रहे उन वैज्ञानिकों को छोड़कर जिन्हें शायद अपने नियोक्ता के निर्देशों के तहत काम करना होता है।

उदाहरण के लिए, मेरा वर्तमान अनुसन्धान क्षेत्र (जीवन की रासायनिक उत्पत्ति) ऐसा है जिसे सामान्यतः वैज्ञानिक स्वयं ठीक तरह से स्थापित हो जाने के बाद या एक साइड प्रोजेक्ट के रूप में चुनते हैं। इस सन्तोष को शब्दों में बयान नहीं किया जा सकता कि मैं इस पड़ाव पर, इसे अपने शोध के मुख्य

फ़ोकस के रूप में इसे चुन सकी हूँ।

वैसे मुझे जीवविज्ञानी होना ही अच्छा लगता है क्योंकि मुझे जीवविज्ञान के सभी पहलू आकर्षित करते हैं, यहाँ तक कि वे भी जो मेरे वर्तमान शोध क्षेत्र से बाहर के हैं। मुझे प्रकृति के विभिन्न पहलुओं, ख़ासतौर से जीवन से सम्बन्धित पहलुओं के बारे में जानना अच्छा लगता है – जीवन की शुरुआत कैसे हुई, वह कैसे टिका रहता है, कैसे विकसित होता है।

> मैं हमेशा से ही एक बहुत जिज्ञासु व्यक्ति रही हूँ। चीज़ें कैसे काम करती हैं, वे उसी तरह क्यों काम करती हैं और उन्हें अलग तरह से काम करवाने के लिए क्या किया जा सकता है आदि के बारे में जानने को उत्सुक रहती हूँ। मैं मानती हूँ बुनियादी तौर पर हर वैज्ञानिक दुनिया को इसी तरह देखता है।

आपके काम के कुछ महत्त्वपूर्ण नैतिक पहलू क्या हैं?

विशेष रूप से, दो पहलू मेरे लिए बहुत महत्त्वपूर्ण हैं। पहला, अपने काम के परिणामों की व्याख्या करते समय पूरी तरह से ईमानदार होना चाहिए। वैज्ञानिकों को उनके काम को प्रकाशित करने, ख़ासकर उच्च-प्रभाव गुणांक वाली शोध पत्रिकाओं में प्रकाशित करने के एवज में सम्मान मिलता है। किसी ख़ास शोधपत्रिका में या किसी ख़ास दर पर प्रकाशित करने की ज़रूरत, अनुचित रास्ते चुनने का लालच पैदा कर सकती है – जैसे आँकड़ों को थोड़ा-सा इस तरह प्रस्तुत करना कि वे जितना दर्शा सकते हैं, उससे ज़्यादा दर्शाने लगें। शोध में शामिल हर किसी के लिए इसकी स्पष्ट मुमानियत होनी चाहिए! मैं अपने विद्यार्थियों के साथ इस बारे में बहुत सख़्त हूँ। मेरे लिए यह महत्त्वपूर्ण है कि वे समझें कि वैज्ञानिक के रूप में, हम वैध जानकारी के आधार पर एक तर्कसंगत परिकल्पना से शुरू करें और इस परिकल्पना के परीक्षण के लिए प्रयोगों को डिज़ाइन करते समय भी बहुत सावधान रहें। भले ही, हमें मिलने वाले नतीजे पूरी तरह से इस परिकल्पना के पक्ष में नहीं हों या उसे पूरी तरह झुठला रहे हों तब भी।

अन्य नैतिक सरोकार, जो मेरे लिए बहुत मायने रखते हैं, वह लोगों के प्रबन्धन से सम्बन्धित हैं। स्वयं अपनी प्रयोगशाला चलाते समय इस बात को ध्यान में रखना बहुत महत्त्वपूर्ण है – इसके साथ आपके हाथ में निहित रूप से कुछ ताक़त आ जाती है। ऐसा व्यक्ति बनना बहुत आसान है जो उसके अधीन काम करने वाले लोगों के लिए चीज़ों को भयावह बना दे। मैं इस तरह की सम्भावनाओं के बारे में बहुत सचेत हूँ। मेरे लिए यह महत्त्वपूर्ण है कि मुझे पता रहे कि मेरी सीमाएँ क्या हैं और मैं अपनी प्रयोगशाला में अन्य लोगों की सीमाओं का भी सम्मान करूँ। मैं अपनी प्रयोगशाला के सदस्यों के साथ व्यवहार/ संवाद के दौरान नैतिक रूप से सही होने का प्रयास करती हूँ और यह उन सभी लोगों के साथ संवाद करते समय भी ख़्याल रखती हूँ, जिनका काम के दौरान किसी भी तरह का वास्ता पड़ता है।

क्या आपको याद है कि आपने वैज्ञानिक बनने का फैसला कब और क्यों लिया था?

ऐसा कोई एक पल नहीं है जब मैंने यह लक्ष्य बनाया था। मैं हमेशा से ही एक जिज्ञासु व्यक्ति रही हूँ। चीज़ें कैसे काम करतीं हैं, वे उसी तरह से क्यों काम करती हैं और उन्हें अलग तरह से काम करवाने के लिए क्या किया जा सकता है आदि के बारे में जानने को उत्सुक रहती हूँ। मै मानती हूँ बुनियादी तौर पर हर वैज्ञानिक दुनिया को इसी तरह देखता है। इस हिसाब से तो मेरा मानना है कि मैं दिल से, हमेशा ही एक वैज्ञानिक रही हूँ।

> एक शिक्षक के लिए, विज्ञान के बारे में ख़ुद उत्साहित होना, उसके विद्यार्थियों में इस विषय के प्रति रुचि जगाने में काफ़ी मददगार होता है। अपने उत्साह को अपने विद्यार्थियों के बीच स्वाभाविक रूप से पसरने दें!

कोई शुरुआती अनुभव, जैसे स्कूल में, जिसने इस रुचि को बढ़ावा दिया हो?

मुझे लगता है कि जब मैं चौथी या पाँचवीं कक्षा में थी, मेरी विज्ञान शिक्षिका सुश्री ऊषा ठाकुर, शायद वह व्यक्ति थीं, जिन्होंने विज्ञान में मेरी सहज रुचि को जगाया। इसके अलावा, मुझे बीएचइएल (भेल) टाउनशिप, हैदराबाद जहाँ मैं पली-बढ़ी हूँ, के विज्ञान पुस्तकालय में जाना पसन्द था। साथ ही, दूरदर्शन पर, कभी-कभार विज्ञान से सम्बन्धित विषयों पर कुछ दिलचस्प वृत्तचित्र दिखाए जाते थे। उनका भी इस मामले में योगदान है।

आपने अपने वर्तमान शोधक्षेत्र को कैसे चुना?

मेरा वर्तमान शोध क्षेत्र (एस्ट्रोबायोलॉजी) मुझे 'संयोगवश' मिला। मैं इसे 'घटनाओं का अनोखा मिलन' कहती हूँ। मैं प्रोटीन जैव-रसायनशास्त्र में प्रशिक्षित हूँ, जिसका मेरे आज के शोध कार्य से कोई सम्बन्ध नहीं है। यद्यपि मैं हमेशा से इस तरह के सवालों के बारे में उत्सुक रही हूँ कि जीवन कब शुरू हुआ और कैसे? पर मैंने सक्रिय रूप से कभी भी इन सवालों को अपने शोध का हिस्सा बनाने की कोशिश नहीं की थी। असल में, मुझे तो यह भी पता नहीं था कि खगोल जीवविज्ञान नाम का कोई विषय भी होता है। जब मुझे संयोगवश इस काम को करने का मौक़ा मिला, तो मैंने पाया कि ऐसे कई लोग हैं जो इन सवालों पर वैज्ञानिक रूप से काम कर रहे हैं। मैं वास्तव में ख़ुश हूँ कि मेरा व्यवसायिक कैरियर, मुझे अनजाने रास्तों से घुमा-फिराकर वहाँ ले आया जहाँ मै आज हूँ।

क्या आपका सामना 'वैज्ञानिक होने' से सम्बन्धित किसी ग़लतफ़हमी से हुआ है?

ओह! ग़लतफ़हमियाँ बहुत हैं! एक यह है कि वैज्ञानिक अपनी धुन में पागल होते है, अपनी दुनिया में खोए रहते हैं और ख़ुद से बातें करते रहते हैं – और इसी तरह की अन्य बातें। दूसरी यह है कि हम एक सीध में चलने वाले, उबाऊ लोग हैं, जो विज्ञान के अलावा किसी और चीज़ में रुचि नहीं रखते हैं। निश्चित रूप से ऐसा नहीं है – कम-से-कम मेरे साथ तो नहीं या कई अन्य वैज्ञानिकों के साथ भी नहीं, जिन्हें मैं जानती हूँ। मुझे कला की ज़रूरत है, समाज वैज्ञानिकों के साथ बातचीत करना अच्छा लगता है – गप्पें मारना! असल में, मैं ऐसे कई मौक़े याद कर सकती हूँ। उदाहरण के लिए, जब मैं किसी हवाई यात्रा के दौरान अपने सह-यात्रियों के साथ गपशप करती रहती हूँ और वे यह जानकर आश्चर्यचकित हो जाते हैं कि मैं एक वैज्ञानिक हूँ। वे अक्सर कहते हैं कि मैं

एक वैज्ञानिक की तरह बर्ताव नहीं करती हूँ! एक विचार यह भी है कि एक वैज्ञानिक बनना, चुनने का मतलब है कि केवल अपने किसी जुनून का पीछा करना, इस पेशे में वास्तव में कुछ ख़ास पैसा-वैसा नहीं है। परन्तु, यह भी सच नहीं है! अन्य लोगों की तरह, मुझे भी उचित वेतन प्राप्त करने की लालसा है, जो मुझे मिलता भी है।

क्या आप स्कूली विज्ञान शिक्षा पर अपना दृष्टिकोण साझा कर सकती हैं?

मैं यह तो नहीं कहूँगी कि मेरे किसी भी विज्ञान शिक्षक ने मुझे यह कैरियर चुनने के लिए हतोत्साहित किया है, लेकिन अब जबकि मैं ख़ुद विज्ञान शिक्षक हूँ, तो कहूँगी कि काश स्कूल में विज्ञान अलग तरह से पढ़ाया जाता। विज्ञान की कक्षाओं में विद्यार्थियों को प्रकृति और उसके क्रियाकलापों से सम्बन्धित विविध चीज़ों से रूबरू कराना चाहिए। युवाओं में विज्ञान के प्रति दिलचस्पी पैदा करने का सबसे अच्छा तरीक़ा है कि शुरुआत से, स्कूल स्तर पर ही उनकी दिलचस्पी को हवा दी जाए।

क्या आप कुछ बातें बता सकती हैं जो विज्ञान में रूचि बढ़ाने के लिए शिक्षक कर सकते हैं?

एक शिक्षक के लिए, विज्ञान के बारे में ख़ुद उत्साहित होना, उसके विद्यार्थियों में इस विषय के प्रति रुचि जगाने में काफ़ी मददगार होता है। अपने उत्साह को अपने विद्यार्थियों के बीच स्वाभाविक रूप से पसरने दें! खोजबीन करें, उनकी अपनी जिज्ञासा का उपयोग करें, अवलोकन को कक्षा का एक स्वाभाविक हिस्सा बनाएँ। अपने विद्यार्थियों को यह पूछने का मौक़ा देना चमत्कार कर सकता है कि प्रकृति कैसे काम करती है। उदाहरण के लिए, उन्हें सोचने को कहें कि क्यों एक पत्ती का आकार एक ख़ास तरह का होता है; या क्यों एक पौधा झाड़ी है, जबकि दूसरा वृक्ष है। या इन्द्रधनुष कैसे बनता है और इसमें सात रंग ही क्यों होते हैं। यदि आप उन्हें प्राकृतिक दुनिया के ऐसे पहलुओं के बारे में सवाल करने को प्रोत्साहित करते हैं, तो वे भौतिकी, वनस्पतिविज्ञान, रसायनशास्त्र जैसे प्राकृतिक विज्ञानों के विभिन्न क्षेत्रों में अन्तर्निहित अवधारणाओं के बारे में सहजता से सोचने लगेंगे।

मैं ज़ोरदार सिफ़ारिश करूँगी कि विज्ञान पढ़ाने के दौरान शिक्षक अपने विद्यार्थियों को कक्षाओं से बाहर लेकर जाएँ। सीधे शब्दों में कहें तो, प्रकृति सबसे अच्छी शिक्षक है! आप अपनी कक्षा में सामग्री के रूप में उपयोग करने के लिए बाहर से चीज़ें भी ला सकते हैं। उदाहरण के लिए, वे कह सकते हैं, *"यहाँ दो अलग-अलग पेड़ों की शाखाएँ हैं। ये पत्तियाँ छोटी हैं और वे अन्य बड़ी हैं, ऐसा क्यों?"* इस सवाल से पत्ती के आकार पर चर्चा शुरू हो सकती है जो बढ़ते-बढ़ते उनकी वाष्पोत्सर्जन की दरों में अन्तर आदि तक जा सकती है। इसी तरह, आप कीड़ों को मॉडल के रूप में प्राणी जगत में विविधता के अध्ययन के लिए उपयोग कर सकते हैं। ये कुछ उदाहरण हैं जो इस समय मेरे दिमाग़ में आ रहे हैं। यह सम्भवतः सभी प्राकृतिक विज्ञान और शायद गणित को विद्यार्थियों के सामने पेश करने का सबसे दिलचस्प और आकर्षक तरीक़ा होगा।

विज्ञान को विद्यार्थियों के सामने पेश करते समय एकीकृत शिक्षण एक और उपयोगी तरीक़ा है। आख़िरकार, प्रकृति के अध्ययन में प्राकृतिक विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों के सिद्धान्तों की समझ शामिल होती ही है। मुझे बताया गया है कि ऋषिवैली स्कूल इस तरह की शिक्षण पद्धति का उपयोग करता है। वे प्राकृतिक विज्ञान को जीवविज्ञान, रसायनशास्त्र, भौतिकशास्त्र आदि में तोड़े बग़ैर सिखाते हैं। यह शायद विज्ञान सीखने का सबसे जीवन्त तरीक़ा है।

यह सुनिश्चित करने के लिए जो कर सकते हैं करें कि बच्चें पढ़ें – वैज्ञानिकों की जीवनी सहित। विद्यार्थियों को अच्छे पुस्तकालयों में ले जाने के लिए, आप अपने स्कूल प्रशासन से (यदि ज़रूरत पड़े तो) ज़िद करें। स्कूलों को, यथासम्भव विद्यार्थियों को यह

चित्र-1 : पपीते के पत्ते का आकार ऐसा क्यों होता है? अपनी कक्षा में बाहर से चीज़ें लाने से विज्ञान कक्षाएँ अधिक आकर्षक हो सकती हैं।

Credits: Th.Voekler, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_leaf_of_the_plant_Carica_papaya.png. License: CC BY-SA.

देखने समझने का शुरुआती अनुभव देने का प्रयास करना चाहिए कि वास्तव में विज्ञान में काम कैसे किया जाता है। आईसर पुणे की आउटरीच गतिविधियों के हिस्से के रूप में, हम स्कूली विद्यार्थियों को परिसर में हमारी प्रयोगशालाओं और शोध सुविधाओं का दौरा करने की व्यवस्था करते हैं और जहाँ विद्यार्थी मंत्रमुग्ध हो जाते है – यह सब देखना बड़ा रोमांचक होता है!

विज्ञान शिक्षा में अवलोकन और अचम्भा कितना महत्त्वपूर्ण है?

ओह, बहुत महत्त्वपूर्ण है! अवलोकन, विज्ञान में एकदम आधारभूत बात है। सिर्फ़ पाठ्यपुस्तकों से बँधकर पढ़ाना एक समस्या है बल्कि यदि मैं कहूँ कि एक बड़ी बाधा है तो ग़लत नहीं होगा। समय-समय पर, अपनी पाठ्यपुस्तक को बन्द करें और विद्यार्थियों के साथ कक्षा के बाहर क़दम बढ़ाएँ और चारों

ओर देखें... अपने चारों ओर विज्ञान को घटित होता देखें।

जिज्ञासा और अचम्भा, विज्ञान सीखने से बड़ी गहराई से जुड़े हुए हैं। हमें जिज्ञासा पैदा करने की भी आवश्यकता नहीं है – बच्चे स्वाभाविक रूप से जिज्ञासु होते हैं, वयस्कों की तुलना में कहीं ज़्यादा। इसकी बजाय, शिक्षक उनकी इस सहज जिज्ञासा के सहारे आस-पास के वातावरण में बिखरी चीज़ों के बारे में सीखने में मदद कर सकते हैं : कैसे छोटी-छोटी चींटियाँ इतनी विशाल बाम्बियाँ बनाती हैं, कभी-कभी यह बाम्बी (एक चींटी के हिसाब से) हज़ारों मंज़िल जितनी ऊँची होती है! वे यह सब कैसे करती हैं?! आपके आस-पास दिख रहीं चीज़ों के बारे में विस्मय भाव से सवाल पूछना – यही विज्ञान सीखने (और सिखाने) का तरीक़ा है।

शोधकर्ताओं का स्कूल विज्ञान में शामिल होना कितना महत्त्वपूर्ण है?

मेरी राय में यह बहुत महत्त्वपूर्ण है। यह दुर्भाग्यपूर्ण है कि बहुत से शोधकर्ता, इससे या तो पूरी तरह से कटे होते हैं या उन्हें विज्ञान आउटरीच के लिए समय नहीं मिलता है। मुझे लगता है कि हम सभी को मिलकर प्रयास करना चाहिए कि हम इन युवा और मेधावी दिमाग़ों को प्रोत्साहित करने के लिए हर तरह से योगदान देने के लिए समय निकालें।

मिडिल और हाई स्कूल के विद्यार्थियों तक अपने काम के बारे में बात करने के लिए जाना विशेष रूप से महत्त्वपूर्ण है। अधिकांश पाठ्यपुस्तकों में बहुत से विषय-विशेष से सम्बन्धित कठिन शब्द शामिल होते हैं। विद्यार्थियों को, इन विषयों के वैज्ञानिकों से मिलकर, इन शब्दों के वास्तविक अर्थ की वास्तविक समझ और इन शब्दों को जानने का क्या महत्त्व है आदि, पता चल सकते हैं। हम (वैज्ञानिक) को भी कई तरीक़ों से इसका फ़ायदा मिलता है – विज्ञान आउटरीच हमारे सम्प्रेषण कौशल को विकसित करने में काफ़ी मदद करता है। जब भी, जितना सम्भव हो मैं ऐसा करने की कोशिश करती हूँ। वास्तव में, मैं हाल ही में अहमदनगर के एक कॉलेज में अपने दो सहयोगियों के साथ गई थी।

चित्र-2 : कीड़ों के बीच इतनी असीमित विविधता दिखाई देती हैं, इसका क्या कारण हो सकता है? प्रकृति कैसे काम करती है, विद्यार्थियों को यह सवाल पूछने को प्रोत्साहित करना चमत्कार कर सकता है।

Credits: Bugboy52.40 using derivative from images uploaded by Fir0002, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Insect_collage.png. License: CC-BY-SA.

इस कॉलेज के विज्ञान संकाय के अध्यापक जीवविज्ञान के विभिन्न पहलुओं से अपने विद्यार्थियों को रूबरू कराने के बारे में असाधारण रूप से सक्रिय हैं। विशेष रूप से अहमदनगर जैसे शहर में ऐसा होना असाधारण बात है, जहाँ ऐसा करने के अवसर मुम्बई या पुणे जैसे बड़े शहरों की तुलना में कहीं अधिक सीमित हैं। मैं, ब्लू मार्बल स्पेस इंस्टीट्यूट ऑफ़ साइंस या बीएमएसआईएस (https://www.bmsis.org/) के वैज्ञानिकों के एक समूह के साथ जुड़ने की कोशिश कर रही हूँ। यह खगोल जीव वैज्ञानिकों का एक ऑनलाइन समूह है जो इस विषय की शिक्षा और आउटरीच के लिए प्रतिबद्ध है। कुछ शोध संस्थानों जैसे आईसर का एक बहुत ही ज़ोरदार आउटरीच कार्यक्रम है। नेशनल सेंटर फॉर सेल साइंस और नेशनल केमिकल लेबोरेटरी जैसे कुछ संस्थानों ने कुछ दिन तय कर रखे हैं जब कोई भी उनकी प्रयोगशाला में जा सकता है, वहाँ चल रहे शोध के बारे में जान सकता है। इस तरह के मंच न सिर्फ़ दुनिया भर के स्कूल और कॉलेज के विद्यार्थियों से जुड़ने का एक शानदार अवसर प्रदान करते हैं, बल्कि काफ़ी हद तक आम जनता के साथ भी जुड़ाव के मौक़े देते हैं।

विज्ञान-कर्म को एक पेशे के रूप में अपनाने के कौन-से सबसे महत्त्वपूर्ण रास्ते विकसित हो रहे हैं?

विज्ञान में उच्च स्तरीय प्रशिक्षण देने वाले संस्थानों की संख्या में वृद्धि हुई है। इसके अलावा, अनुसन्धान तथा जूनियर प्रशिक्षुओं और शोध फ़ेलो के वेतन के लिए सरकारी अनुदान भी बढ़ा है। विज्ञान में एक कैरियर आज कई विकल्प प्रदान करता है। यह अब अध्यापन या एक जगह बैठकर करने वाले

चित्र-3 : क्या अन्य ग्रहों पर जीवन सम्भव है? हम अन्य ग्रहों पर बस्तियाँ कैसे स्थापित कर सकते हैं? ये कुछ ऐसे सवाल हैं जो हर आयु समूहों के लोगों के लिए दिलचस्प होते हैं।

Credits: ESA - European Space Agency & Max-Planck Institute for Solar System Research for OSIRIS Team ESA/MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA, Wikimedia Commons.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:OSIRIS_Mars_true_color.jpg. License: CC-BY-SA.

काम (प्रयोगशाला में बैठकर शोध) तक सीमित नहीं है। एकदम से कहूँ तो विज्ञान से संचार, अध्यापन, लेखन, आउटरीच, नीति और प्रशासन आदि में अवसर हो सकते हैं। फिर भी, विज्ञान-कर्म को एक पेशे के रूप में आगे बढ़ाने के लिए अभी बहुत कुछ करने की ज़रूरत है। उदाहरण के लिए, सरकार को वैकल्पिक विज्ञान कैरियर के अवसर पैदा करना चाहिए और समर्थन देना चाहिए।

विज्ञान में कुछ ऐसे कौन-से क्षेत्र हैं जो आपको लगता है कि अगले कुछ दशकों में अहम स्थान लेने वाले हैं?

खगोल जीवविज्ञान, मानव संज्ञान, सामाजिक और प्राकृतिक विज्ञान मिलन बिन्दु पर स्थिति विज्ञान – ये सभी क्षेत्र फ़ितरत से अन्तर्विषयक (इन्टरडिसीप्लीनरी) हैं – और मेरा मानना है कि ये विज्ञान के कुछ ज्वलन्त क्षेत्र हैं जो आने वाले दशकों में अहम स्थान लेने वाले हैं।

यह सुनिश्चित करने के लिए जो कर सकते हैं करें कि बच्चे पढ़ें – वैज्ञानिकों की जीवनी सहित। विद्यार्थियों को अच्छे पुस्तकालयों में ले जाने के लिए, आप अपने स्कूल प्रशासन से (यदि ज़रूरत पड़े तो) ज़िद करें।

विज्ञान में वे कुछ कौन-से प्रश्न हैं जिसमें आपको लगता है कि किसी की भी रुचि हो सकती है (8 साल या उससे अधिक)?

मुझे लगता है कि यह उस बात से सम्बन्धित है जिसकी हम चर्चा कर रहे थे – प्रकृति में चीज़ें कैसे काम करती हैं? यह लगभग ऐसा सवाल है जिस पर हममें से कोई भी कभी भी सोचना बन्द नहीं कर सकता है! और इस सवाल के कई पहलू हैं। उनमें से एक सबसे बड़ा (और बहुत चुनौतीपूर्ण भी) पहलू है – हम कैसे अस्तित्व में आए? और ज़्यादा मूलभूत रूप में – पृथ्वी पर जीवन कैसे उत्पन्न हुआ? इसके अलावा, अन्य रहस्य जिससे मनुष्य इतने लम्बे समय से जूझ रहा है – हमारा दिमाग़ कैसे काम करता है? एक और सवाल जो आज और इस युग में एकदम प्रासंगिक है : पृथ्वी पर आबादी बढ़ रही है और मनुष्य इस ग्रह के साथ बदसलूक़ी कर रहा है, तो ऐसे में पृथ्वी कैसे हम सभी को वहन कर पाएगी? यह हमें एक और प्रासंगिक और मुनासिब सवाल देता है – क्या जीवन (जैसा कि हम जानते हैं) को अन्य ग्रहों या चन्द्रमाओं पर बनाए रखा जा सकता है और यदि हाँ, तो हम इन ग्रहों या चन्द्रमाओं पर बस्तियाँ कैसे बसा सकते हैं? क्या यह कदापि सम्भव होगा? ये सभी सवाल हैं जो अलग-अलग आयु समूहों के कई लोगों के लिए दिलचस्प होंगे।

अनुवाद : प्रमोद मैथिल

पुनरीक्षण : सुशील जोशी

कॉपी एडिटर : अनुज उपाध्याय

सरल प्रयोगों से भौतिकी को समझना

जी. एस. रोतेला

स्थानीय स्तर पर उपलब्ध और कम लागत वाली सामग्री का उपयोग करके, घर पर किए गए सरल प्रयोगों के द्वारा विज्ञान को काफ़ी हद तक समझाया जा सकता है। इसी प्रकार, किसी परिदृश्य या घटना पर सवाल करके भी विज्ञान की खोजबीन की जा सकती है। इस लेख में ऐसे कुछ सरल परन्तु रोमांचक प्रयोग प्रस्तुत किए गए हैं जिनकी मदद से भौतिकी के कुछ आधारभूत सिद्धान्तों को समझा जा सकता है।

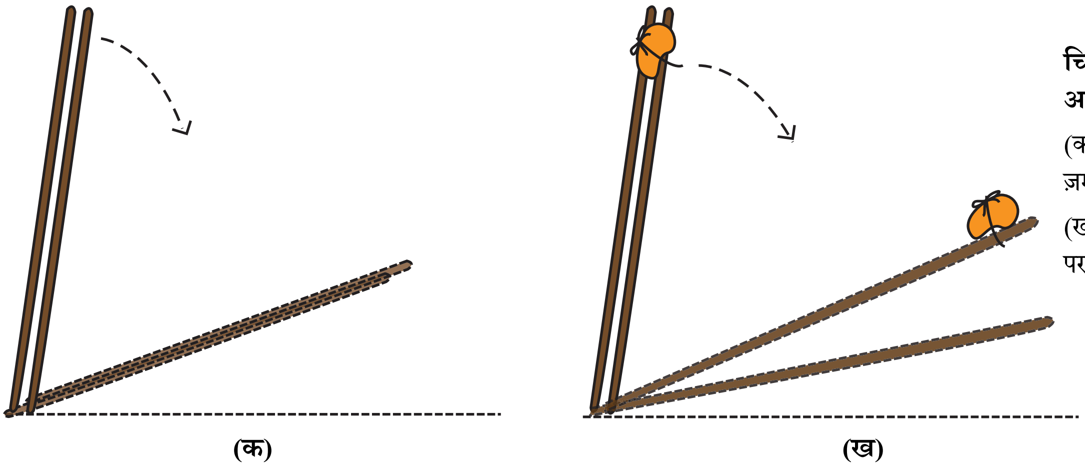
विज्ञान मज़ेदार है

हम अकसर ऐसी घटनाओं से रूबरू होते हैं जो हमें हैरानी या आश्चर्य के भाव में डाल देती हैं। उनके पीछे के विज्ञान के बारे में सवाल करें, तो इन घटनाओं के हमारे अवलोकन और अधिक आनन्ददायक और सीखने में भी मददगार हो सकते हैं। इसी तरह, विज्ञान पाठ्यपुस्तकों में दी गई अवधारणाओं को स्थानीय स्तर पर उपलब्ध, कम लागत की सामग्रियों का उपयोग करके सरल प्रयोगों के माध्यम से कक्षाओं में जीवन्त किया जा सकता है। इस तरह के सीखने-सिखाने के अनुभव विद्यार्थियों में उत्साह पैदा करते हैं, उनकी रुचि बढ़ती है और अवधारणाओं की समझ बनती है।

हम यहाँ कुछ ऐसे प्रयोग प्रस्तुत कर रहे हैं, जिन्हें आप कक्षा में कर सकते हैं या विद्यार्थियों को घर पर करने के लिए प्रोत्साहित कर सकते हैं। प्रत्येक प्रयोग विद्यार्थियों को उसके पीछे के विज्ञान पर सोच-विचार करने में मदद करेगा और इस दौरान वे ख़ुद से बहुत कुछ विज्ञान भी सीखेंगे।

प्रयोग 1 : आलसी छड़ी

दो एक-जैसी लकड़ी की छड़ियाँ (या एल्यूमीनियम/ पीवीसी पाइप) लें, प्रत्येक 1 मीटर लम्बी और 2 सेमी चौड़ी हों। दोनों छड़ियाँ एक साथ पकड़ें, धरती के लम्बवत परन्तु थोड़ी-सी झुकी हुई हों (**चित्र-1 क देखें**)। इन्हें एक साथ छोड़ दें। आप देखेंगे कि दोनों छड़ियाँ एक साथ फ़र्श पर गिरती हैं।



चित्र-1 : वज़न बँधी छड़ी
आलसी छड़ी क्यों है?

(क) दोनों छड़ियाँ एक ही साथ ज़मीन पर गिरती हैं।

(ख) वज़न वाली छड़ी ज़मीन पर बाद में गिरती है।

अब एक छड़ी के ऊपरी छोर पर लगभग 250 ग्राम का वज़न या एक छोटा पत्थर बाँधें। वज़न को ऊपरी छोर पर रखते हुए, उन्हें पकड़कर रखें और एक साथ छोड़ दें (**चित्र-1 ख देखें**)।

आपने शायद सोचा होगा कि वज़न वाली छड़ी पहले ज़मीन पर गिरेगी। लेकिन असल में इसके बिल्कुल विपरीत होता है। क्यों?

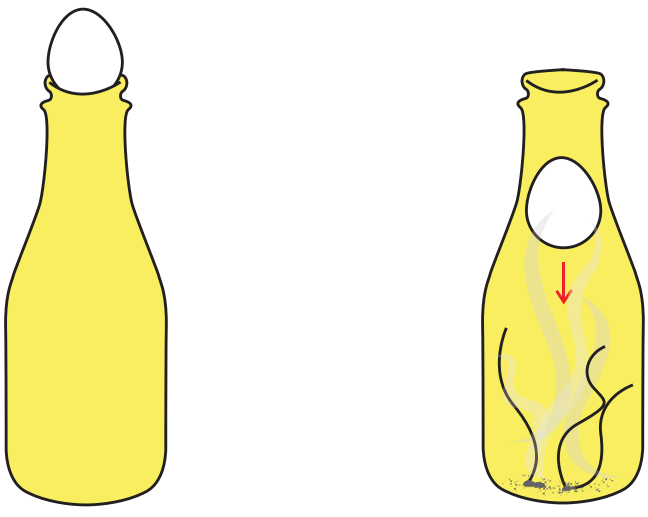
क्या हो रहा है?

इस असामान्य अवलोकन को पदार्थ के एक गुणधर्म द्वारा समझाया जा सकता है जिसका नाम 'जड़त्व' है। जड़त्व किसी वस्तु की अपनी स्थिर अवस्था या गति की स्थिति में किसी भी बदलाव का विरोध करने की प्रवृत्ति को कहते हैं।

प्रयोग में, प्रत्येक छड़ी चक्रीय गति (घूर्णन) कर रही है, जो छड़ी के फ़र्श पर टिके बिन्दु पर घूम रही है। प्रत्येक छड़ी की गतिज ऊर्जा और संवेग जिससे वह ज़मीन पर गिरेगी, उसके जड़त्व आघूर्ण (Moment of inertia) पर निर्भर करेगा और स्वयं जड़त्व आघूर्ण, छड़ी में द्रव्यमान के वितरण और उसकी धुरी, जिस पर वह घूम रही है, की स्थिति पर निर्भर करता है।

हम प्रत्येक छड़ी के जड़त्व आघूर्ण की गणना कैसे करते हैं? मानक सूत्र का उपयोग करके : $I = \Sigma mr^2$, जहाँ I = जड़त्व आघूर्ण, m = छड़ी के प्रत्येक कण का द्रव्यमान, r = उस कण और उस बिन्दु के बीच की दूरी जिस पर घूम रही है और Σ पूरी छड़ी के लिए प्राप्त mr^2 के प्रत्येक मान के योग को दर्शाता है।

सूत्र से स्पष्ट है कि छड़ी जिसके साथ वज़न बँधा है, उसका जड़त्व आघूर्ण बिना वज़न वाली छड़ी की तुलना में ज़्यादा होगा। जड़त्व आघूर्ण को घूर्णन गति में कोणीय वेग के विरुद्ध छड़ी के प्रतिरोध का द्योतक माना जा सकता है। इसलिए, जड़त्व आघूर्ण के बड़े मान का मतलब गति के विरुद्ध अधिक प्रतिरोध होगा या दूसरे शब्दों में, घूर्णन गति धीमी होगी – जो बताती है कि वज़न बँधी छड़ी, दूसरी छड़ी की तुलना में धीमी गति से क्यों गिरती है।



(क) (ख)

चित्र-2 : अण्डा क्यों सिकुड़ जाता है? (क) उबला छिला हुआ अण्डा बोतल के मुँह पर टिका रहता है। (ख) काग़ज़ की लौ बुझने के तुरन्त बाद अण्डा बोतल में फिसल जाता है।

इस अवधारणा की और खोजबीन!

यदि आप इस प्रयोग को दो अलग-अलग लम्बाई की छड़ों के साथ दोहराएँ तो क्या होगा? या वज़न को ऊपरी सिरे की बजाय बीच में या नीचे बाँधें? क्या आप उन स्थितियों की भविष्यवाणी कर सकते हैं जब दो छड़ियाँ (किसी एक से वज़न बँधा हुआ है) एक ही साथ ज़मीन से टकराएँगी?

प्रयोग 2 : सिकुड़ता अण्डा

काँच की एक बोतल लें जिसके मुँह का व्यास (लगभग 4 सेमी) एक अण्डे के व्यास (लगभग 4.5 सेमी) से थोड़ा कम हो। एक उबले अण्डे को छीलें। अब, इस अण्डे को बोतल के ऊपर रखें। अपेक्षा के अनुरूप, अण्डा वहाँ मुँह पर टिका रहेगा और बोतल में नहीं गिरेगा (**चित्र-2 क देखें**)।

अब अण्डे को बोतल के ऊपर से हटा दें और बोतल के अन्दर जलता हुआ काग़ज़ का एक टुकड़ा डालें। लौ के बुझते ही, अण्डे को फिर से बोतल के मुँह पर रखें (**चित्र-2 क देखें**)।

आप सोच रहे थे कि अण्डा बोतल के ऊपर टिका रहेगा, लेकिन वह धीरे-धीरे फिसलकर बोतल में चला जाता है! ऐसा क्यों होता है?

क्या हो रहा है?

जब बोतल के अन्दर काग़ज़ का जलता हुआ टुकड़ा डाला जाता है, तो वह अन्दर की हवा गर्म करता है। गर्म हवा फैल जाती है और कुछ हवा बोतल से बाहर निकल जाती है। इससे बोतल के अन्दर हवा की मात्रा कम हो जाती है। लौ बुझने के तुरन्त बाद जब अण्डे को बोतल के मुँह पर वापस रखा जाता है, तो वह बोतल को सील कर देता है, और हवा को बोतल से बाहर निकलने या प्रवेश करने से रोक देता है।

आगे क्या होता है इसे गैस के एक नियम के माध्यम से समझाया जा सकता है, जिसे गे-लुसाक का नियम कहते हैं। इसमें कहा गया है कि स्थिर आयतन पर गैस के तापमान का इसके दबाव से सीधा सम्बन्ध होता है। इस बात से क्यों फ़र्क़ पड़ता है? समय के साथ, बोतल में हवा ठण्डी होना शुरू हो जाती है। चूँकि सीलबन्द बोतल में हवा का आयतन स्थिर है, इसलिए तापमान में गिरावट से वायु दाब में कमी आती है।

बोतल में कम वायु दाब, चारों और दीवारों पर और अण्डे की सतह के उस हिस्से पर भी काम करता है जिससे बोतल का मुँह सील हुआ है। लेकिन अण्डे का बाक़ी हिस्सा, जो बाहर हवा के सम्पर्क में है, उस पर सामान्य वायुमण्डलीय दबाव पड़ता रहता है। इस असन्तुलन के परिणामस्वरूप, उच्च वायुमण्डलीय दबाव

नीचे की ओर कुछ अतिरिक्त बल डालता है जो अण्डे को बोतल में धक्का देता है। अण्डा अब बोतल को सील नहीं रख पाता है। बाहर से हवा बोतल में चली जाती है और अन्दर व बाहर के दबाव का सन्तुलन बना देती है।

इस अवधारणा की और खोजबीन करें!

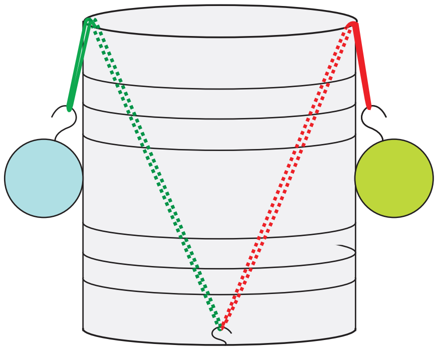
क्या होगा यदि आप इस प्रयोग को दोहराएँ लेकिन जलते हुए काग़ज़ की बजाय, बोतल में कुछ गर्म या ठण्डा पानी डालें?

प्रयोग 3 : छुपने वाली गेंदें

एक खुले ढक्कन वाला एक टिन कैन लें। इस कैन के नीचे तली में दो अत्यधिक लचीले और छोटे-छोटे इलास्टिक रबर बैंड बाँधें। दोनों रबर बैंड के खुले सिरों पर एक-एक स्टील की गेंद (वज़न लगभग 100 ग्राम) बाँध दें। दोनों गेंदों को कैन के बाहर लटकने दें **(चित्र-3 देखें)**।

आप देखेंगे कि जब तक आप कैन को पकड़े हैं, तब तक गेंदें बाहर लटकती रहती हैं। लेकिन यदि आप अचानक गेंदों के साथ कैन को खाली जगह में गिरा दें तो क्या कुछ बदलाव होगा?

आप शायद उम्मीद कर रहे होंगे कि गेंदें



चित्र-3 : गेंदें स्वतंत्र गिरते कैन के भीतर क्यों छिपती हैं?

कैन के बाहर ही रहेंगीं, पर आप देखेंगे कि इलास्टिक रबर बैंड अचानक खिंच जाते हैं और गेंदें कैन के अन्दर चली जाती हैं। ऐसा क्यों होता है?

क्या हो रहा है?

जब कैन हाथ में थी, तो प्रत्येक गेंद पर लग रहे गुरुत्वाकर्षण बल के कारण दोनों सिरों पर इलास्टिक रबर बैंड खिंच रही थी। इसकी वजह से गेंदें कैन के बाहर लटकती रहती हैं। लेकिन जब आप कैन को छोड़ देते हैं, गिरता हुआ कैन और गेंदें दोनों भारहीन हो जाते हैं। गिरती हुई भारहीन गेंदें अब इलास्टिक रबर बैंड को तना हुआ रखने के लिए आवश्यक बल नहीं लगा पाती हैं। इलास्टिक रबर बैंड वापस ढीली पड़ जाती हैं और परिणामस्वरूप, गेंदें कैन के अन्दर चली जाती हैं।

उपसंहार

प्राकृतिक घटना को समझने की तलब एक स्वाभाविक जिज्ञासा से उत्पन्न होती है जो हम सभी में होती है। हमने देखा कि इन सरल प्रयोगों के माध्यम से, कैसे रोज़मर्रा की घटनाओं को, उनके पीछे के विज्ञान को जानकर, बेहतर समझा जा सकता है। इसी चीज़ को विज्ञान कक्षाओं में भी लाया जा सकता है। शिक्षक इन प्रयोगों का उपयोग करके रोमांचक और ख़ुद करके सीखने के अनुभव दे सकते हैं। विज्ञान, अन्ततः कुछ करके और खोज करके ही सही तरीक़े से सीखा जा सकता है। विद्यार्थियों को वैज्ञानिक विधि का उपयोग करने के लिए प्रोत्साहित करने (जिसमें शामिल हैं अवलोकन करना, सवाल करना, प्रयोग करना और निष्कर्ष निकालने के लिए डेटा का विश्लेषण करना) से ही अवधारणाओं की बेहतर समझ बन सकती है। इसलिए, विज्ञान शिक्षाविद के रूप में, हमारी भूमिका सबसे महत्वपूर्ण हो जाती है। आगे बढ़ें और इस तरह की अन्य घटनाओं के विज्ञान का पता लगाएँ!

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Light tracing a pattern reminiscent of a spinning top. Creativity103, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/creative_stock/5157525141. License: CC-BY.

जी. एस. रोतेला राष्ट्रीय विज्ञान संग्रहालय परिषद के पूर्व महानिदेशक; नेहरू विज्ञान केन्द्र, मुम्बई के निदेशक; साइंस सिटी, कोलकाता के निदेशक; और भारतीय मानव विज्ञान सर्वेक्षण के निदेशक (आई/ सी) हैं। वे पेशे से विज्ञान कम्यूनिकेटर हैं। वे विद्यार्थियों के लिए हाथों से करने योग्य प्रदर्शन वस्तुओं, टिंकरिंग लैब, किट और इंटरैक्टिव विज्ञान गतिविधियों को विकसित करने में लगे हुए हैं। उन्होंने विज्ञान शिक्षकों के पेशेवर विकास में भी योगदान दिया है। उनसे gsr.rautela@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

खोजबीन

आर्कटिक सागर के तल में जन्तुजगत

गीता अय्यर

यदि आपसे आर्कटिक सागर की बर्फ़ीली परत में रहने वाले जन्तुजगत के बारे में अन्दाज़ा लगाने को कहा जाए तो शायद आप ध्रुवीय भालू, अटलांटिक पफ़िन, ग्रीनलैंड शार्क, आर्कटिक चार्स, आइसलैंड गल्स, आर्कटिक लोमड़ियों और अन्य इसी प्रकार के जन्तुओं के बारे में सोचेंगे। परन्तु क्या आप जानते थे कि बर्फ़ की परत के नीचे का समुद्र भी जीवन से परिपूर्ण है? आर्कटिक शेल्फ़ के नीचे 50 मीटर की गहराई पर ब्रिटल स्टार, फ़ेदर स्टार, सी कुकम्बर, क्लैम, ब्रिसल कृमि, घोंघे और कभी-कभार केंकड़े पाए जाते हैं।

इस समृद्ध विविधता के पीछे एक कारण समुद्री जन्तु प्लवक का जीवन चक्र है। ठण्ड में ये विश्राम की उपरति अवस्था (डायापोस) में पहुँच जाते हैं। खाने के अलावा जो भोजन बच जाता है वह समुद्र के पेंदे में गिरता रहता है जिसके कारण एक समृद्ध नितल समुदाय जीवित रहकर इस पर फलता-फूलता रहता है। ये नितल समुदाय समुद्र सतह से आने वाले किसी भी कार्बनिक पदार्थ से पोषण प्राप्त करने कतराता नहीं है, भले ही वह ताज़ा न हो। ये तो विष्ठा की मेमनियों से लेकर जन्तुओं के सड़ते-गलते हिस्से तक को नहीं छोड़ते। और ये स्थायी रूप से कम ताप पर रहने के लिए बढ़िया अनुकूलित हैं। उदाहरण के लिए जैसे श्वसन और प्रजनन जैसे इनके चयापचीय कार्य, गर्म ताप पर रहने वाले जन्तुओं की तुलना में बहुत अधिक धीमे हैं। परिणामस्वरूप ये बहुत ही धीमे वृद्धि करते हैं परन्तु दशकों तक ज़िन्दा रहते हैं।

आर्कटिक बर्फ़ीली शेल्फ़ में नितल जीवजगत

Credits: Copyright of Russ Hopcroft, University of Alaska Fairbanks, USA.

समुद्र सतह से 3000 मीटर की गहराई पर आर्कटिक समुद्री मैदान पर घूमता-फिरता एक ब्रिटल स्टार

Credits: Xaime Aneiros Vazquez, Wikimedia Commons.URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brittle_Star_back.jpg. License: CC-BY-SA.

आर्कटिक का एक ऐरो वर्म (जन्तु प्लवक)

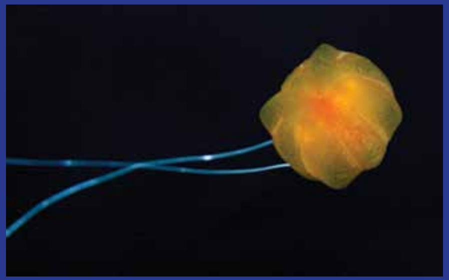
Credits: Copyright of Russ Hopcroft, University of Alaska Fairbanks, USA.

कीटों द्वारा उपयोग किए जाने वाले रक्षा कवच जैसे आवरण में क़ैद यह कोपेपोड आर्कटिक क्षेत्र का सबसे जाना पहचाना जन्तु प्लवक है।

Credits: Copyright of Russ Hopcroft, University of Alaska Fairbanks, USA.

एक पिक्नोगोनाइड या समुद्री मकड़ी जो सचमुच की मकड़ी नहीं है।

Credits: Bernard Picton, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Nymphon-leptocheles.jpg. License: CC-BY-SA.



एक अनजान आर्कटिक प्रजाति, जिसे पम्पकिन कहते हैं।

Credits: Copyright of The Hidden Ocean 2016, Chukchi Borderlands, Oceaneering International-DSSI.

बेरो एबीसीकोला आर्कटिक सागर के पेंदे पर पाई जाने वाली कॉम्ब जेली की एक प्रजाति है

Credits: Copyright of Caitlin Bailey, GFOE, The Hidden Ocean 2016, Chukchi Borderlands.

क्लीओन, एक गैस्ट्रोपोड जन्तु प्लवक

Credits: Copyright of the Microcosm Films, The Hidden Ocean 2016, Chukchi Borderlands, Oceaneering International-DSSI.

आर्कटिक से प्राप्त हिम शैवालों का एक सूक्ष्मदर्शी दृश्य

Credits: Copyright of Rolf Gradinger, University of Alaska Fairbanks, USA.

Poster Design: Vidya Kamalesh

i wonder... Rediscovering school science

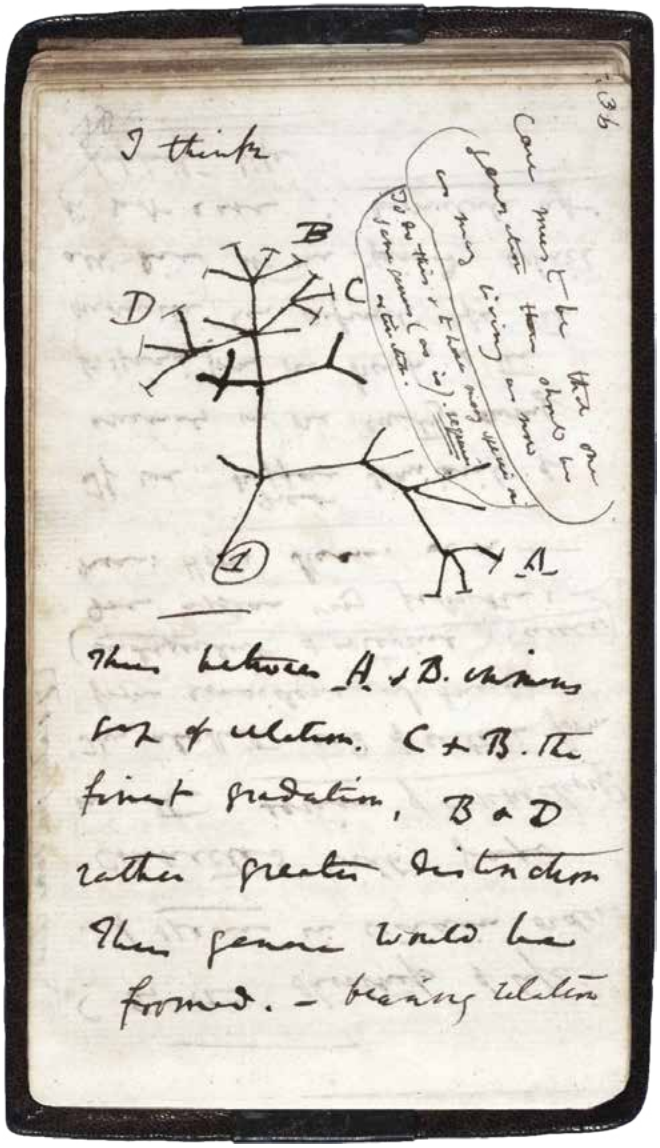
गीता अय्यर एक लेखिका और स्वतंत्र सलाहकार हैं जो शिक्षा और पर्यावरण क्षेत्रों में काम कर रही हैं। उन्होंने शिक्षा, पर्यावरण और प्राकृतिक इतिहास के विषयों पर व्यापक लेखन किया है। उनसे brownfishowl@yahoo.co.uk पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : किशोर पंवार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

Azim Premji University

जीवन वृक्ष :

उद्विकास के हृदय में एक सशक्त गणितीय विचार



मुकुन्द थत्ताई

सभी जीवित चीज़ें – सूक्ष्म जीवाणुओं से लेकर, मनुष्यों से लेकर, विशालकाय सिकोइया वृक्ष तक – एक-दूसरे से सम्बन्धित हैं और यह परस्पर सम्बन्ध एक गूढ़ और अप्रत्याशित गणितीय पैटर्न का अनुसरण करता है, जिसे आज हम 'जीवन वृक्ष' के रूप में जानते हैं। यह पैटर्न सदियों पहले प्रकृतिवादियों द्वारा खोजा गया था, लेकिन चार्ल्स डार्विन और अल्फ्रेड रसेल वालेस थे जिन्होंने महसूस किया कि यह पैटर्न पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति और विविधता को समझने की कुंजी है।

हम मनुष्यों में, कई अन्य जानवरों की तरह, अपने आस-पास की दुनिया में पैटर्न खोजने की एक सहज प्रवृत्ति है। इस प्रवृत्ति पर हमारा अस्तित्व निर्भर करता है – यह हमें शत्रुओं और मित्रों के बीच भेद करने, ऋतुओं की लय पर नज़र रखने, पिछले अनुभवों के आधार पर आगे की योजना बनाने की गुंजाइश देता है। विज्ञान (या प्राकृतिक दर्शन, जैसा कि इसे पहले कहा जाता था) इसी प्रवृत्ति पर आधारित है – यह दृश्य ब्रह्माण्ड की अथाह विविधता को विश्वसनीय पैटर्न्स में समेटने का प्रयास है, जिसकी व्याख्या हम प्रकृति के नियमों के रूप में करते हैं। विडम्बना यह है कि पैटर्न खोजने में हमारा यह शक्तिशाली कौशल अकसर वैज्ञानिक आदर्श से बेमेल हो जाता है – हम वहाँ पैटर्न देखते हैं जहाँ कोई पैटर्न है ही नहीं; हम बेतरतीबी में संरचना देख लेते हैं।

विज्ञान का इतिहास इसी बात का इतिहास है कि कैसे हमने सच्चे पैटर्न्स को महज भ्रान्तियों से अलग करना सीखा।

बॉक्स-1 : अवलोकन, पैटर्न और व्याख्याएँ

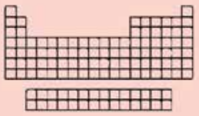
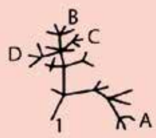
अधिकांश सफल वैज्ञानिक सिद्धान्त तीन चरणों में विकसित हुए हैं। सबसे पहले आते हैं **अवलोकन** : दुनिया के बारे में तथ्यों की एक विशाल सूची जैसा हम उसे देखते हैं; या प्रयोगों द्वारा विचलित दुनिया के बारे में। ये अवलोकन अकसर भ्रामक और अस्त-व्यस्त होते हैं। यह स्पष्ट नहीं होता है कि वे एक-दूसरे से कैसे सम्बन्धित हैं; और यह अनुमान लगाना कठिन होता है कि ये अगला अवलोकन किस ओर इशारा करेगा। यह एक कैनवास पर काम करने वाले कलाकार को देखने जैसा है, वह कैनवास के किसी हिस्से को भर देता है अन्य हिस्सा कहीं और भरता है। रंग और आकार का सिर-पैर समझ नहीं आता और हम यह अनुमान नहीं लगा सकते कि पेंटिंग किस बारे में है। लेकिन जैसे-जैसे समय के साथ पर्याप्त अवलोकन एकत्रित होते जाते हैं, एक व्यापक **पैटर्न** स्पष्ट होने लगता है। अकसर एक इकलौता पल आता है जिसमें कैनवास पर अचानक से कुछ दिखने लगता है और हमें समझ में आता है कि हम क्या देख रहे हैं। विज्ञान में, इस समझ को अकसर गणितीय रूप में व्यक्त किया जा सकता है – नियमों और समीकरणों का एक सरल समूह जो अवलोकनों के इस व्यापक ढाँचे का सार प्रस्तुत करता है। तो यह एक निर्णायक मोड़ होता है। और अन्तिम चरण होता है जो कुछ हम देख रहे हैं उसकी व्याख्या करना। यह वह क़दम है जहाँ दर्शक पेंटिंग के अर्थ को समझ लेता है, जिस विचार को कलाकार व्यक्त करने की कोशिश कर रहा है। एक वैज्ञानिक के लिए, यह महज गणितीय सारांश से कहीं ज़्यादा है और इसमें पैटर्न के गूढ़ कारणों की तलाश शामिल है। विज्ञान की सबसे बड़ी विजय प्रकृति के मुट्ठी भर अटल नियमों के रूप में इन गूढ़ कारणों को उजागर करने में हुई है और यह बताने में कि यह सब कुछ किसी अदृश्य अलौकिक कलाकार की मनमौज़ी करतूत नहीं हैं। यही वह चीज़ है जो विज्ञान को केवल विवरण देने की बजाय पूर्वानुमान की ताक़त देती है।

कुछ उदाहरण (**तालिका-1**) से इस प्रक्रिया को और स्पष्ट करेंगे। सोलहवीं सदी के दौरान, एक कुलीन व्यक्ति टाइको ब्राहे ने अभूतपूर्व सटीकता के साथ, आसमान में ग्रहों की गतियों को दर्ज किया। ब्राहे के डेटा का उपयोग करके, युवा गणितज्ञ और खगोलविद जोहान्स केपलर ने ग्रहों की गति के अपने प्रसिद्ध दीर्घवृत्तीय पैटर्न की खोज की। आख़िरकार आइज़ैक न्यूटन की प्रतिभा ने केपलर के नियमों का अर्थ समझकर इसे यौंत्रिकी (मैकेनिक्स) के एक गहन और अधिक सार्वभौमिक सिद्धान्त के तहत व्याख्या की जिसे उन्होंने 1687 में अपनी पुस्तक प्रिंसिपिया मैथेमेटिका में प्रकाशित किया था। इस न्यूटोनियन यौंत्रिकी ने आधुनिक वैज्ञानिक युग के शुरुआत का मार्ग प्रशस्त किया।

इसी तरह, 1789 में, एंतोन लैवॉज़िएने रासायनिक क्रियाओं के अपने अध्ययन के आधार पर 33 रासायनिक तत्वों की पहचान की, लेकिन उनके गुणधर्मों का एक सरल विवरण खोजने में असमर्थ रहे। 1869 में, दिमित्री मेंडेलीव ने दिखाया कि किसी तत्व के रासायनिक गुण आवधिक तरीक़े से उसके परमाणु भार पर निर्भर करते हैं। लेकिन यह पैटर्न सही नहीं था। इस पैटर्न का ठीक-ठीक अर्थ केवल सन 1900 में उप-परमाणु (अपरमाणविक) कणों की खोज के साथ स्पष्ट हुआ – यह प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉनों की संख्या थी, न कि न्यूट्रॉन की, जिससे परमाणु के रासायनिक गुणों को निर्धारित किया जाता था।

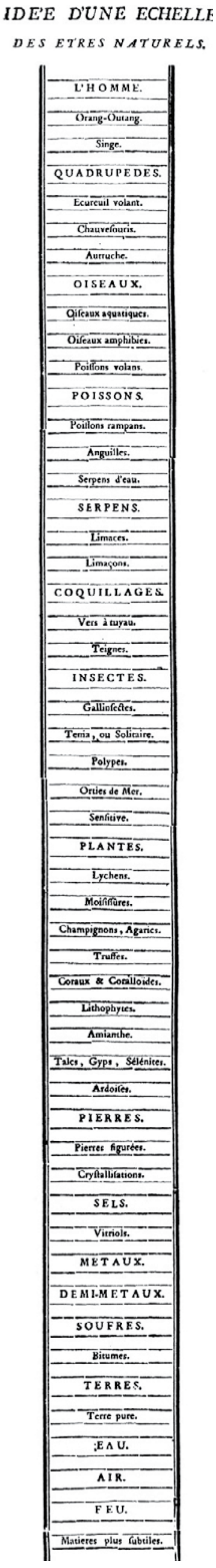
बीसवीं शताब्दी में कई वैज्ञानिक क्रान्तियाँ देखी गईं जिन्होंने सदियों पुराने सिद्धान्तों को उखाड़ फेंका। मैक्सवेल समीकरणों में गणितीय पैटर्न ने आइंस्टीन द्वारा विशेष सापेक्षता की खोज का मार्ग प्रशस्त किया। इस गणितीय पैटर्न में विद्युत और चुम्बकत्व के बारे में लगभग एक सदी के अवलोकनों का सार प्रस्तुत किया। हाइड्रोजन के वर्णक्रम का वर्णन करने वाला, राइडबर्ग का गणितीय पैटर्न ही था जिसने ब्रह्माण्ड की एक क्वाण्टम-यौंत्रिकी व्याख्या का धरातल तैयार किया था। 20 वीं शताब्दी के दौरान, सापेक्षता और क्वाण्टम यौंत्रिकी का सम्मिश्रण किया गया जिसमें से पदार्थ की प्रकृति के बारे में सबसे सटीक सिद्धान्त (स्टेंडर्ड मॉडल) उभरा। यह मॉडल भी प्रकृति के गूढ़ गणितीय पैटर्न पर आधारित है, जिसे सममिति (सिमेट्री) के नाम से जाना जाता है।

इन सभी मामलों में मुख्य बिन्दु यह है – एक बार गणितीय पैटर्न के रूप में डेटा का सार उपलब्ध होने के बाद, वैज्ञानिक अवलोकन सम्बन्धी बारीकियों से आगे जाकर एक गहरी और अकसर सरल व्याख्या की खोज शुरू कर सकते हैं।

अवलोकन	गणितीय पैटर्न	व्याख्या
ग्रहों की गति	केपलर का नियम $T^2 = R^3$	न्यूटन यौंत्रिकी
तत्वों के रासायनिक गुण	आवर्त सारणी 	परमाणु सिद्धान्त
विद्युत और चुम्बकत्व	मैक्सवेल समीकरण $\nabla\cdot\mathbf{D}=\rho$, $\nabla\cdot\mathbf{B}=0$, $\nabla\times\mathbf{E}=-\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$, $\nabla\times\mathbf{H}=\mathbf{J}+\frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}$	विशेष सापेक्षता
हाइड्रोजन का वर्णक्रम	राइडबर्ग का नियम $\frac{1}{\lambda_{vac}} = R\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$	क्वांटम यौंत्रिकी
सजीवों का वर्गीकरण	जीवन वृक्ष 	उद्विकास

तालिका-1. वैज्ञानिक सिद्धान्तों के विकास को तीन चरणों में विभाजित किया जा सकता है : अवलोकन, पैटर्न और स्पष्टीकरण।

Credits: Mukund Thattai. License: CC-BY-NC.



चित्र-1 : द ग्रेट चेन ऑफ़ बीइंग (अस्तित्व की महान शृंखला)।

Credits: Charles Bonnet, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BonnetChain.jpg. License: CC-BY.

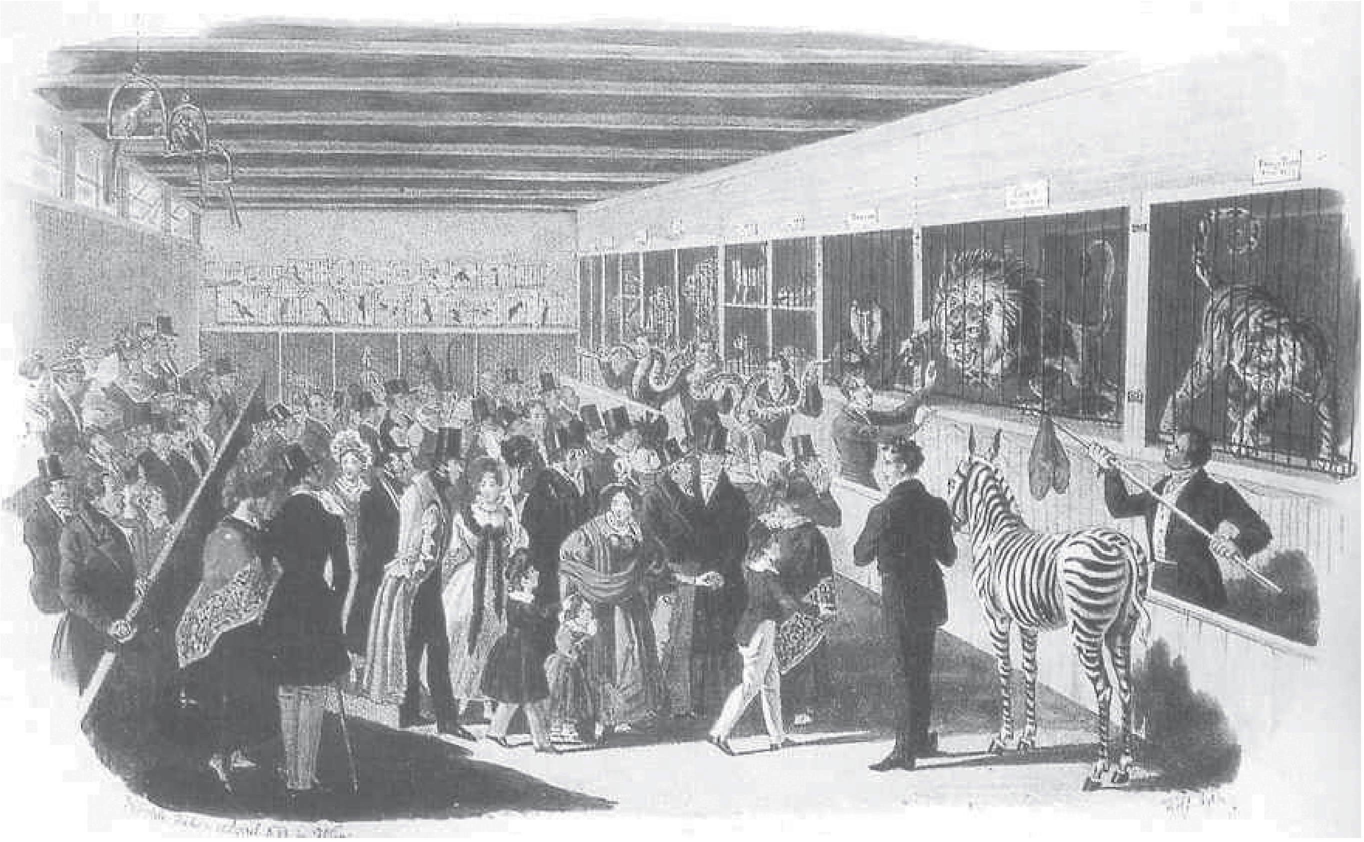
सजीवों का वर्गीकरण

पृथ्वी पर जीवन की विविधता को वर्गीकृत करने के कई प्रयास किए गए हैं। शुरुआती और सबसे आम तरीक़ों में से एक, अंशतः धार्मिक (क्वासी-रिलिजियस) आधार पर बनाया गया था और ग्रेट चेन ऑफ़ बीइंग के रूप में जाना जाता है (**सन्दर्भ चित्र-1 देखें**)। इसे आमतौर पर ईसाई विद्वानों से जोड़ा जाता है, इसी तरह के प्रयास हिन्दू पुराणों और प्राचीन यूनानी और मिस्र के दर्शन में भी देखे जाते हैं। ग्रेट चेन के सभी संस्करणों में सजीवों को एक दृढ़ सीढ़ी पर रखा गया है – सबसे निचले पायदान पर खनिज और ग़ैर-जीवित पदार्थ होते हैं; इसके अगले पायदान पर जीवन के सबसे सरल रूप हैं, उदाहरण के लिए, रोगाणु (आधुनिक काल में जोड़ा गया); फिर पौधे; फिर जानवर; फिर, इन सबसे ऊपर, मनुष्य; और कभी-कभी, मनुष्यों के ऊपर देवदूत और देवता होते हैं। यह एक लुभावना पैटर्न है और ख़ुद को शीर्ष पर रखने की हमारी स्वाभाविक इच्छा के साथ फ़िट बैठता है। दुर्भाग्य से, यह ग़लत है। यह गहन अवलोकनों पर आधारित नहीं है, बल्कि ब्रह्माण्ड को हमारी अपनी धारणाओं के साथ फ़िट बिठाने की हमारी इच्छा से पैदा हुआ है।

सटीक निरपेक्ष अवलोकनों पर आधारित वर्गीकरण का वैज्ञानिक तरीक़ा वर्गिकी (वर्गीकरण विज्ञान या टैक्सॉनॉमी) नाम से जाना जाता है। हम सबसे पहले हर ज्ञात सजीव के गुणधर्मों के बारे में विस्तृत जानकारी एकत्र करते हैं। फिर हम इन जीवों को उनके गुणधर्मों के आधार पर अलग-अलग समूहों में बाँटने के मुश्किल काम से शुरू करते हैं। लेकिन, जब हम ऐसा करना शुरू करते हैं, तुरन्त एक उलझन में फँस जाते हैं : चूँकि विभिन्न विद्वान अलग-अलग मापदण्डों का उपयोग करते हैं; समूह बनाने के लिए अलग-अलग लक्षणों का उपयोग करते हैं। कुछ जटिलता को चुनते हैं, कुछ आकार को चुनते हैं, कुछ जीवन-शैली को चुनते हैं; और कुछ आवास को चुनते हैं। इनमें से कौन-सा सही है, यह तथ्य की बजाय विश्वास या पसन्द का विषय प्रतीत होता है; और प्रत्येक पसन्द एक अलग वर्गीकरण प्रदान करती है।

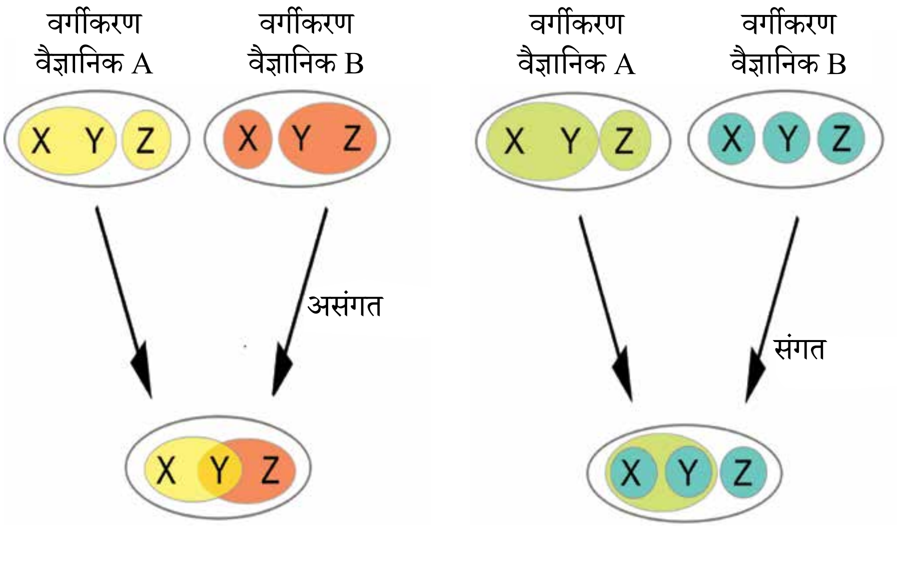
सत्रहवीं शताब्दी में यूरोप में वर्गीकरण के ये खेल उत्तेजना की चरम सीमा पर पहुँच गए थे। यह वह समय था जब यूरोपीय सत्ता दुनिया भर में पहुँच गई थी। विदेशी जानवरों और पौधों के संग्रह को उनके साम्राज्य के दूर-दराज़ कोनों से नागरिकों के मनोरंजन के लिए उनकी राजधानियों में लाया गया (**सन्दर्भ चित्र-2**)। मेरी कल्पना में एक शानदार हॉल है, जिसमें पूरे फ़र्श पर, हर तरह के जानवरों के नमूने, भूसा भरकर जड़े हुए हैं। शौकिया वर्गीकरण वैज्ञानिक हॉल में घूम रहे हैं, इन नमूनों को इधर-उधर कर रहे हैं और आमतौर पर अपने समूहीकरण को दूसरों से बेहतर दिखाने की कोशिश कर रहे हैं। तो यह खेल कैसे चलेगा? एक व्यक्ति रंग के आधार पर समूहीकरण करेगा, परन्तु अगले ही दिन परेशान हो जाएगा जब कोई और आकार के आधार पर समूहीकरण कर देगा। हर कोई एक-दूसरे से भिड़ता रहेगा। फिर, कुछ उल्लेखनीय होता है। हमारे कुछ वर्गीकरण वैज्ञानिक (टैक्सोनोमिस्ट), सिर्फ़ मज़े के लिए, वर्गीकरण के आधार के रूप में, बढ़ते क्रम में अल्पदृश्य लक्षणों का उपयोग करना शुरू कर देते हैं। आकार या रंग की बजाय, ये वैज्ञानिक, कान में हड्डियों की संख्या, कूल्हों में सुराख़ों की व्यवस्था, पैर की उँगलियों पर माँसपेशियों की परतें देखने लगते हैं। बेशक, इनमें से कुछ लोग अभी भी एक-दूसरे से असहमत रहेंगे और हताश होकर हॉल छोड़ देंगे। लेकिन धीरे-धीरे, एक बड़ा समूह हॉल में बन जाता है और सभी लोग चुपचाप अपने-अपने हिसाब से काम करने लगते हैं जबकि व्यापक वर्गीकरण बड़े पैमाने पर अपरिवर्तित रहता है।

हो क्या रहा है? कैसे पूरी तरह से स्वतंत्र मापदण्डों का उपयोग करने वाले अलग-अलग लोग, अचानक सहमत होने लगते हैं? यह वह मौक़ा है जहाँ हम पहली बार एक गूढ़ गणितीय पैटर्न देखते हैं। आइए हॉल के किन्हीं भी तीन जानवरों X, Y और Z; और वर्गीकरण के

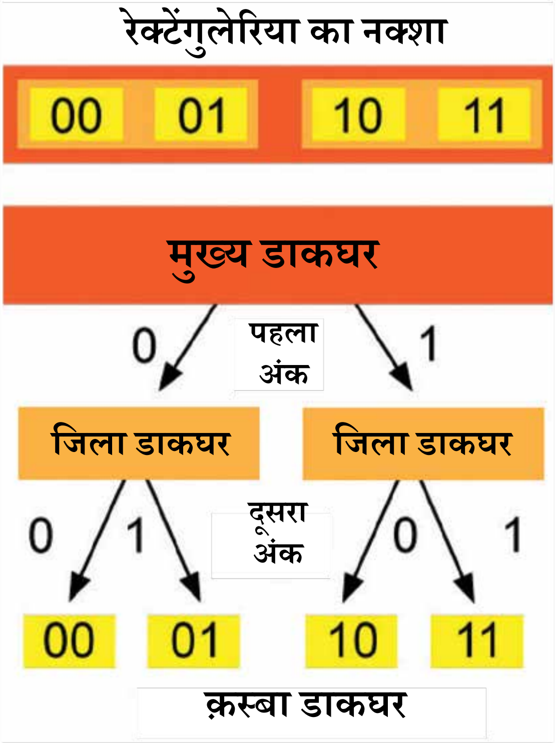


चित्र-2 : विदेशी जानवरों का एक यूरोपीय चिड़ियाघर (मेनेजेरी)।
Credits: Annelore Rieke-Müller, Lothar Dittrich: Unterwegs mit wilden Tieren. Wandermenagerien zwischen Belehrung und Kommerz 1850–1750 S. 70. Uploaded
by Felistoria, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Menagerie.hermann.van.aken.1833.jpg. License: Public Domain.

लिए अलग-अलग लक्षणों का उपयोग करने वाले दो वर्गीकरण वैज्ञानिक A और B पर विचार करते हैं। हम A से पूछते हैं और पाते हैं कि वह मानती है कि {X, Y} एक समूह बनाते हैं और {Z} दूसरा, जिसे हम {(X, Y), Z} के रूप में लिखते हैं। मान लीजिए कि B का मानना है कि {Y, Z} एक समूह और {X} दूसरा बनाते हैं, जिसे हम {(X), (Y, Z)} के रूप में लिखते हैं। इस तरह से तो, A और B कभी भी सहमत नहीं हो पाएँगे। मान लीजिए, इसकी बजाय, B का मानना है कि {X}, {Y} और {Z} तीन अलग-अलग समूहों का प्रतिनिधित्व करते हैं, जिसे हम {(X), (Y), (Z)} के रूप में लिखते हैं। तब A कहेगी कि इसमें कोई समस्या नहीं है, B



चित्र-3 : वर्गीकरण का खेल।
Credits: Mukund Thattai. License: CC-BY-NC.



चित्र-4 : रेक्टेंगुलेरिया का नेस्टेड पोस्टल सिस्टम।
Credits: Mukund Thattai. License: CC-BY-NC.

ने सिर्फ़ इतना किया है कि उसके वर्गीकरण को और अधिक विभाजित कर दिया है। उदाहरण के लिए, A ने जानवरों को कीट {X, Y} और पक्षी {Z} के रूप में सोच रखा था, जबकि B उनके बारे में गुबरैला {X}, मक्खियाँ {Y} और पक्षी {Z} के हिसाब से सोच रहा है। इस प्रकार, हम इन समूहों को एक *नेस्टेड सूची* {(X), (Y), (Z)} के रूप में लिख सकते हैं और इससे A और B दोनों सन्तुष्ट होंगे। सरल शब्दों में, इन दो वर्गीकरणों A और B को संगत (कंसिस्टेंट) कहा जाता है जब, तीन वस्तुओं X, Y और Z के किसी भी चयन के लिए, उनमें असहमति नहीं हो। हमारे खेल में हुआ यह (**चित्र-3 देखें**) कि हज़ारों वर्गीकरण वैज्ञानिकों ने अपने पसन्दीदा समूहों को एक-दूसरे के संगत पाया और समय के साथ पूरे हॉल को नेस्टेड समूहों और उप-समूहों की एक शृंखला में विभाजित कर दिया।

अब पहेली का अन्तिम हिस्सा आता है। यह हमारे काल्पनिक खेल की तरह ही एक प्रक्रिया है जो अठारहवीं शताब्दी के दौरान चली थी। आपाधापी थोड़ी कम हुई, तो यह समझ आया कि वर्गीकरण की समस्या का यह एक अनूठा समाधान था। यह हज़ारों-हज़ार लक्षणों का एक विशाल समूह था (ज़्यादातर बहुत अल्पदृश्य हैं) जिनमें से प्रत्येक एक-दूसरे के साथ संगत था; और वे लक्षण (उदाहरण के लिए, आकार और रंग) जो असंगत थे, अनदेखा किए जाने लगे थे। यह एक तथ्य है न कि विश्वास या पसन्द का मुद्दा। इस तथ्य की निर्णायक अभिव्यक्ति कार्ल लिनिअस की 1735 में प्रकाशित किताब, *सिस्टेमा नेचुरे* में हुई है। तब से, वर्गीकरण की लिनियन व्यवस्था ही एकमात्र सही और स्वीकृत जैविक वर्गीकरण प्रणाली बन गई। जब भी किसी नई प्रजाति की खोज की जाती, तो आमतौर पर शुरुआत में असहमति रहती थी कि इसे कहाँ रखा जाए लेकिन, अन्तत:, कई लक्षणों पर आधारित साक्ष्य के आधार पर इसकी सही स्थिति का पता लगा लिया जाता है।

डार्विन और वालेस की सूझ-बूझ : नेस्टेड समूह भी वृक्ष हैं

1831 में जब चार्ल्स डार्विन एचएमएस बीगल की अपनी यात्रा पर निकले, तब तक सभी जीवित प्राणियों का वर्गीकरण नेस्टेड समूहों में करना, अच्छे से स्थापित हो चुका था। चार्ल्स के दादा इरेस्मस डार्विन सहित कई प्रकृतिविदों ने पहले ही महसूस कर लिया था कि यह गणितीय पैटर्न कितना आश्चर्यजनक था। इसे समझने के लिए, थोड़ा रुककर कुछ अन्य प्रकार की वस्तुओं को वर्गीकृत करने की कोशिश करते हैं। फर्नीचर को आकार, आकृति, पदार्थ, रंग और उपयोगिता के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है; लेकिन आपको विभिन्न समूहीकरणों के बीच कोई समानता नहीं मिलेगी। शब्दों को संज्ञा, क्रिया, विशेषण और इसी तरह से वर्गीकृत किया जा सकता है, लेकिन यह प्रणाली नेस्टेड नहीं है; यह एक ही स्तर पर चल रही है। ध्वनियों को तारत्व (मोटी-पतली) और तीव्रता (धीमे-तेज़) के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है और अधिक आधुनिक अर्थों में वर्णक्रमीय घटकों द्वारा, लेकिन यह एक योगशील प्रणाली है नेस्टेड व्यवस्था नहीं है।

हम इस समस्या को उलटकर देख सकते हैं और पूछ सकते हैं कि आमतौर पर किस तरह की चीज़ें नेस्टेड समूहों में पाई जाती हैं। हमारे पास एक बहुत ही चिर-परिचित उदाहरण है। देशों को पोस्टल कोड्स में बाँटा गया है, ताकि चिट्ठियों को कुशलतापूर्वक वितरित किया जा सके। आमतौर पर पिनकोड के सबसे बाएँ छोर का अंक बड़े उपखण्ड का द्योतक होता है और सबसे दाएँ छोर का अंक छोटे उपखण्डों का द्योतक होता है (**चित्र-4 देखें**)। यदि इन अंकों के बारे में थोड़ा गहराई से पड़ताल करें, तो पाएँगे कि प्रत्येक अंक एक वास्तविक स्थान, अर्थात एक डाकघर के साथ जुड़ा हुआ है। मुख्य डाकघर से शुरू होकर, बाएँ से दाएँ आने वाला प्रत्येक अंक एक जिला स्तर, एक क़स्बा स्तर और एक मोहल्ला डाकघर के नाम के लिए है। अचानक यह स्पष्ट हो जाता है कि एक नेस्टेड सूची वास्तव में छद्म रूप में एक वृक्ष की तरह है!

वृक्ष की प्रत्येक गाँठ (नोड) एक डाकघर है और तीर दिखाते हैं कि एक चिट्ठी उच्च स्तर से निचले स्तर तक कैसे जाती है।

जीवविज्ञान के लिहाज से इसका क्या मतलब है?

वर्गीकरण वैज्ञानिक किसी ख़ास समय पर ज्ञात सभी जीवित चीज़ों को समूहीकृत करते आए हैं, अघोषित मान्यता यह होती है कि यह समूह कभी नहीं बदलता। एक ऐसी दुनिया की कल्पना करें, जिसमें ये सभी प्रजातियाँ सृष्टि के सृजन के क्षण से डिज़ाइन की गई थीं और अपरिवर्तित रही हैं। ऐसा है तो एक इकलौती अद्वितीय नेस्टेड वर्गीकरण

प्रणाली की खोज बेहद आश्चर्यजनक बात होगी। काल्पनिक जानवरों की दुनिया, जिनके सभी लक्षण एक-दूसरे के साथ उलझे हुए हों, फर्नीचर की तरह दिखेंगे और इनका वर्गीकरण सम्भव होगा।

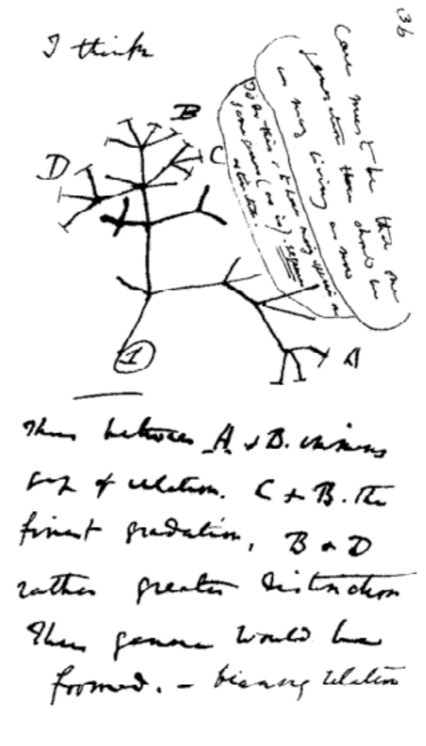
डार्विन और वालेस ने स्वतंत्र रूप से सुझाव दिया कि लिनियन वर्गीकरण प्रणाली को नेस्टेड समूहों की बजाय एक वृक्ष के रूप में देखा जाना चाहिए। डार्विन फिंच पक्षी का अध्ययन और वालेस द्वारा जैव-भौगोलिक क्षेत्रों की पहचान, दोनों ने समय के प्रवाह की भूमिका का महत्त्व स्पष्ट किया। इससे गहरा अन्तर पड़ा, क्योंकि इसने वृक्ष जैसे पैटर्न के लिए एक भौतिक व्याख्या प्रदान की। यदि हम समय के प्रवाह का प्रतिनिधित्व वृक्ष की शाखाओं के रूप में देखें, तो **आज** सभी जीवित चीज़ों के बीच के रिश्ते (नेस्टेड सूची) हमें **अतीत** (वृक्ष की पैतृक शाखाओं) के बारे में बहुत कुछ बताते हैं! यदि जानवर और पौधे समय के साथ बदल सकते हैं, और लक्षणों में जनक से लेकर सन्तानों तक अन्तर संग्रहित करते हैं, तो वर्तमान समय के लक्षणों के नेस्टेड समूहों को आसानी से समझा जा सकता है। बेशक, यह केवल शुरुआत है। हमें यह व्याख्या करनी होगी कि ये लक्षण कैसे बदले, वे कितने वंशानुगत थे या प्रत्येक पीढ़ी में कैसे कुछ लक्षण चुने गए। यह तो जीवविज्ञान के आधुनिक जैविक में सम्भव हुआ है कि आनुवंशिकता और जेनेटिक एनकोडिंग की अन्तर्निहित आणविक क्रियाविधि को स्पष्ट किया जा सका। विचारों का यह संग्रह आधुनिक संश्लेषण (मॉडर्न सिंथेसिस) है जो प्राकृतिक चयन द्वारा विकास के सिद्धान्त का प्रतिनिधित्व करता है और इसकी शुरुआत जीवन वृक्ष की पहचान से हुई थी।

‘‘ आई थिंक...’’

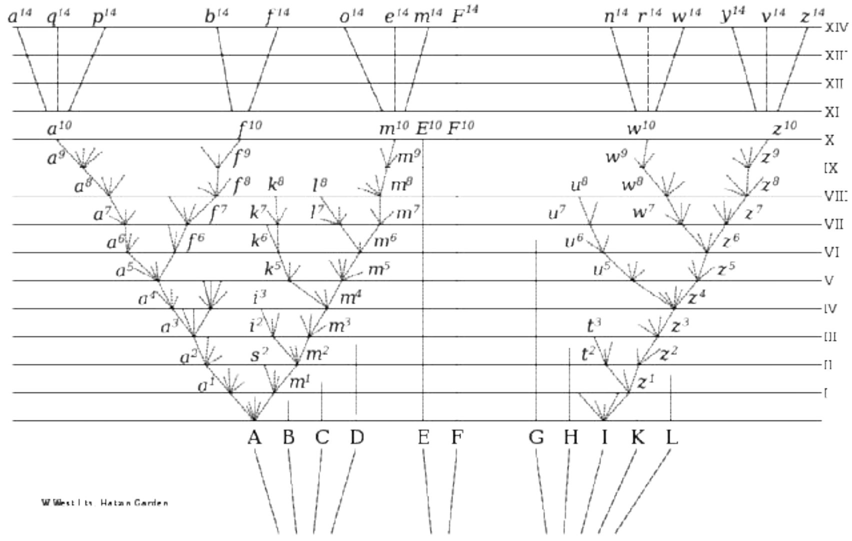
डार्विन की नोटबुक में 1837 में बना एक रेखाचित्र, जीवित चीज़ों के वृक्ष का उनका पहला निरूपण है। इसका मशहूर शीर्षक है ‘‘आई थिंक...’’। 1859 में प्रकाशित डार्विन की पुस्तक *ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज़*, में एक अकेला रेखाचित्र है, जो जीवन वृक्ष का भी प्रतिनिधित्व करता है (**चित्र-5 देखें**)। तो डार्विन ने क्या सोचा था?

हम निश्चित रूप से तो कभी नहीं जान पाएँगे। लेकिन, यह अनुमान लगाना ठीक ही होगा कि डार्विन ने नेस्टेड समूहों और वृक्ष के बीच के सम्बन्ध को पहचान लिया था। दोनों ही सजीवों के लक्षणों के बारे में बड़ी मात्रा में किए अवलोकनों को संक्षेप में व्यक्त करने के समान रूप से वैध तरीक़ों का प्रतिनिधित्व करते हैं। अलबत्ता, नेस्टेड समूह अचल स्थिति (अपरिवर्तनीय) का संकेत देते हैं, जबकि वृक्ष रूपान्तरण (ट्रान्सम्यूटेशन) का संकेत देता है, एक प्रजाति से दूसरी में क्रमिक परिवर्तन। एक बार यह स्पष्ट हो जाने के बाद, डार्विन ने तुरन्त समझ लिया कि प्राचीन वृक्ष की सभी शाखाएँ आज जीवित नहीं हैं – अतीत में वन के अजीब रूप रहे होंगे

(क)



(ख)



चित्र-5 : डार्विन का वृक्ष।

(क) ट्रांसम्यूटेशन ऑफ़ स्पीशीज़ पर उनकी पहली नोटबुक (1837) से।

(ख) ऑन द ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज़ (1859) में।

Credits: Charles Darwin, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Origin_of_Species.svg. License: CC-BY-SA.

जो बिना कोई निशान छोड़े गायब हो गए हैं। सबसे महत्त्वपूर्ण बात, डार्विन के पास एक सूझ-बूझ और थी। जिस तरह डाकघर के वृक्ष की गाँठें वास्तविक भौतिक इमारतों का प्रतिनिधित्व करती हैं, वैसे ही जीवन वृक्ष की आन्तरिक गाँठ भी कुछ वास्तविक चीज़ों का प्रतिनिधित्व करती हैं। प्रत्येक गाँठ एक पूर्वज प्राणी है – सूक्ष्म जीव, पौधा और जन्तु – जो अतीत में अरबों वर्षों पहले जिए होंगे और मर चुके होंगे। दूसरे शब्दों में, यह नेस्टेड वर्गीकरण प्रणाली जीवाश्मों में दर्ज, मध्यवर्ती रूपों के अस्तित्व का संकेत देती है, जो चट्टान की परतों में अतीत के रिकॉर्ड के रूप में दफ़न हैं।

डार्विन और वालेस का उद्विकास का सिद्धान्त कई परीक्षणों से गुज़रा है और अब तक हर परीक्षा को पास किया है। आज हम जानते हैं कि जीवन वृक्ष (और प्राकृतिक चयन की प्रक्रिया), जिसे पहले पौधों और जन्तुओं की विविधता को समझाने के लिए विकसित किया गया था, वह पृथ्वी पर सारे कोशिकीय जीवन पर लागू होती है – जिसमें प्रोकैरियोटिक बैक्टीरिया, आर्किया और एक-कोशिकीय सूक्ष्मजीवी यूकेरियोट्स शामिल हैं। कुछ दिलचस्प बदलाव भी हुए हैं – आज हम जानते हैं कि कोशिकाएँ DNA का आदान-प्रदान कर सकती हैं; और दो प्रजातियाँ संकरण के द्वारा तीसरी प्रजाति बना सकती हैं। लेकिन ये प्रक्रियाएँ मुख्य वृक्ष पर सिर्फ़ छिट-पुट अलंकरण के रूप में हैं। संगत लक्षणों के वैश्विक समूह में अब प्रारम्भिक स्थूल मापन से लेकर आणविक-स्तर तक की जानकारी शामिल है। वस्तुतः कोशिका के जीनोम की प्रत्येक क्षार जोड़ी विकास प्रक्रिया की गवाह है। 1970 के दशक में कार्ल वीस के आणविक वर्गीकरण के पहले प्रयासों से शुरू करते हुए, अब मात्र डीएनए साक्ष्य द्वारा जीवन वृक्ष में किसी जीव की स्थिति का पता लगाना, एक नियमित काम हो गया है।

जीवन के इतिहास को समझना हमें सिखाता है कि प्रत्येक जीव रूप क़ीमती है और यह अतीत में पहुँचने वाले एक अटूट मार्ग का प्रतिनिधित्व करता है। विकास जारी है – जीवन की वर्तमान विविधता उत्पन्न करने वाली प्रक्रियाएँ आज भी चल रही हैं। विकास कुछ घण्टों या अरबों वर्षों में हो सकता है; अन्य सभी जीवों की तरह मनुष्य भी विकसित होता रहता है। नई प्रजातियाँ उत्पन्न होती रहती हैं; लेकिन मानव गतिविधियों ने, पृथ्वी पर जीवन के छठे महान विलोपन के दौरान, कई प्रजातियों का सफ़ाया कर दिया है। विलोपन का यह पैमाना अभूतपूर्व और अनुत्क्रमणीय है। हम जीवन वृक्ष के घटिया संरक्षक साबित हुए हैं – सजीवों की विविधता को संरक्षण हमारे समय की एकमात्र सबसे बड़ी चुनौती है।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Charles Darwin, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwin%27s_I_think.svg. License: CC-BY-SA.

मुकुन्द थत्ताई नेशनल सेंटर फ़ॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़ में एक शोधकर्ता हैं। भौतिकी में प्रशिक्षित, वे अब यह अध्ययन कर रहे हैं कि कोशिकाएँ अरबों वर्षों में कैसे विकसित हुईं। वे जीवविज्ञान के अभ्यास और समाज पर इसके प्रभाव का पता लगाने के लिए कलाकारों और नाट्यकर्मियों के साथ काम करते रहते हैं और सार्वजनिक जुड़ाव के कामों में गहराई से शामिल हैं। उनसे thattai@ncbs.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

दुनिया को देखना : विज्ञान शिक्षण में विभिन्न रूपकों का इस्तेमाल

के. के. मशूद, रोहित मेहता और पुण्य मिश्र

हम जिस ढंग से नई अवधारणाओं और विचारों की संकल्पना करते हैं और समझते हैं, रूपक उसमें निर्णायक भूमिका निभाते हैं। ऊर्जा के अध्यापन को लेकर विज्ञान शिक्षा सम्बन्धी अनुसन्धान से प्राप्त सूझ-बूझ पर आधारित इस लेख में दर्शाया गया है कि कैसे रूखी, अमूर्त व जटिल वैज्ञानिक अवधारणाओं को विद्यार्थियों के लिए जीवन्त, लुभावने और समृद्ध तरीक़े से प्रस्तुत करने में रूपक मददगार होते हैं।

"अवधारणाओं की हमारी साधारण व्यवस्था, जिसके तहत हम सोचते और कार्य करते हैं, मूलतः रूपक आधारित है।"

– जॉर्ज लेकॉफ़ (George Lakoff)

"एक रेत के कण में दुनिया को और एक जंगली फूल में स्वर्ग को देखना, अनन्त को अपनी हथेली में रखना और अनन्त काल को एक घण्टे में।"

– विलियम ब्लेक (William Blake)

हम कोई नई चीज़ कैसे सीखते हैं? यह दलील दी जा सकती है कि हम जो जानते हैं उसी के माध्यम से कुछ नया समझ सकते हैं। रूपकों के मूल में उपस्थित यह तर्क तब और भी अहम हो जाता है जब हम अमूर्त विचारों को समझने की बात कर रहे हों। उदाहरण के लिए ऊर्जा पर ग़ौर करें। यह एक जटिल बुनियादी अवधारणा है, जिसकी विज्ञान के अलग-अलग क्षेत्रों में अलग तरह से चर्चा होती है। अब चुनौती यह है कि इस अमूर्त अवधारणा को आप बच्चों के पूर्व ज्ञान से कैसे जोड़ेंगे। और साथ ही उसे एक आयामी अति सरलीकृत समझ से कैसे बचाएँगे।

जैसा कि शिक्षक जानते हैं, इन्सान को शिक्षित करना; रोबोट या कम्प्यूटर को किसी काम के लिए प्रोग्राम करने जैसा कतई नहीं है। रोबोट-कम्प्यूटर के मामले में हमें केवल सटीक निर्देश देने होते हैं। वहाँ विवेचन, कल्पना या वैकल्पिक संकल्पना या ग़लतफ़हमी की कोई गुंजाइश नहीं है। दूसरे शब्दों में कहें तो जो "बताया जाता है" उसे "वैसे का वैसा ग्रहण किया जाता है", बशर्ते कोई तकनीकी गड़बड़ी न हो।

दूसरी तरफ़ एक इन्सान को पढ़ाना या शिक्षा देना कई गुना पेचीदा मामला है, तब भी जब हम यह काम पूरी स्पष्टता (जिसे हम मानते हैं) से करें। कार्ल वाइमैन, जो नोबेल पुरस्कृत भौतिकशास्त्री हैं और फिर शिक्षा शोध में

रूचि लेने लगे, की इस टिप्पणी पर गौर करें[1]:

"जब मैंने पहली बार एक असिस्टेंट प्रोफ़ेसर के तौर पर भौतिकी पढ़ाना शुरू किया, तो मैंने उसी प्रक्रिया का इस्तेमाल किया जो आमतौर पर की जाती है। प्रथम, जो विषय मुझे पढ़ाना हैं, उसके बारे में मैंने ध्यान से सोचा और उसे अपने दिमाग़ में साफ़ रूप से समझ लिया। फिर मैंने उसे अपने विद्यार्थियों के साथ साझा किया ताकि वे भी इसे उतनी ही स्पष्टता से समझ लें, जैसे मैंने समझा है। कम-से-कम सिद्धान्त तो यही था। ... [लेकिन] जब भी मैंने गम्भीरता से यह आँकने की कोशिश की कि मेरे विद्यार्थियों ने क्या सीखा है, तो मुझे लगा कि यह प्रक्रिया काम नहीं कर रही है। हो सकता है कि कुछ इक्के दुक्के-विद्यार्थी मेरी सुन्दर व चतुर व्याख्याओं को समझ पा रहे थे, पर ज़्यादातर विद्यार्थी कुछ भी नहीं समझ पा रहे थे।"

ऐसा क्यों होता है? यह तो सम्भव नहीं है कि वाइमैन जैसे व्यक्ति को, जो भौतिकशास्त्र वे पढ़ा रहे थे, उसका ज्ञान न हो या वे उसे प्रस्तुत न कर पा रहे हों। वास्तविक कारण शायद इन्सानी संज्ञान की जटिलता में छिपा हो। असल में हमें बताए जाने वाले नए ज्ञान को ज्यों-का-त्यों सीखने की बजाय हम उसे अपने मौजूदा ज्ञान के आधार पर सीखते हैं। सीखने वाले ज्ञान के सक्रिय निर्माता होते हैं और कई सारे कारक (जैसे उनका पूर्व अनुभव, सामाजिक परिवेश, भाषागत सामर्थ्य और भावनात्मक गठन) इस बात पर असर डाल सकते हैं कि वे सूचना को कैसे ग्रहण करते हैं, संग्रहित करते हैं, पुनःप्राप्त करते हैं।

इस तथ्य को अकसर एक समस्या के रूप में देखा जाता है कि सीखना पूर्व ज्ञान पर आधारित होता है या उसके द्वारा बाधित अथवा सीमित होता है, क्योंकि इसके चलते शिक्षकों को पाठ योजना बनाते समय अतिरिक्त कारकों का ध्यान रखना पड़ता है। अलबत्ता, यहाँ हम कहना चाहते हैं कि बतौर शिक्षक हमें इसे स्वीकार करना चाहिए और इसका फ़ायदा उठाना सीखना चाहिए।

रूपक हमें पूर्व ज्ञान को आधार बनाकर नए विचारों को समझाने का एक रास्ता प्रदान करते हैं। दरअसल, सभी शिक्षकों ने जानते हुए या अनजाने में कभी-न-कभी रूपकों का इस्तेमाल किया ही होगा। अलबत्ता यह भी हो सकता है कि एक अकेला रूपक किसी अन्यथा समृद्ध विचार की जटिलता में ललचाने वाले ढंग से कमी कर दे (**चित्र-1**)। इस लेख में हम एक ऐसी कार्य योजना पर चर्चा करेंगे, जिससे हम एकाधिक रूपकों के इस्तेमाल से जटिल वैज्ञानिक विचारों को स्पष्ट कर सकें। अपनी चर्चा को बुनियाद देने के लिए हम ऊर्जा के शिक्षण को उदाहरण के तौर पर लेंगे।

ऊर्जा की अवधारणा का शिक्षण

ऊर्जा विज्ञान एक मूलभूत और सर्वव्यापी अवधारणा है। स्कूल में विद्यार्थी ऊर्जा के विषय में बहुत अलग-अलग सन्दर्भों में पढ़ते हैं। जीवविज्ञान में ऊर्जा प्रकाश संश्लेषण और पोषण जैसे विषयों को समझने में महत्त्वपूर्ण है। रसायनशास्त्र में यह रासायनिक आबन्ध जैसी अवधारणाओं को समझने के लिए

चित्र-1 : एकल रूपकों का मोह : मात्र एक चित्रण के उपयोग से किसी समृद्ध विचार की पेचीदगी खो जाती है।

Credits: Illustration by Punya Mishra inspired by *Variante de la tristesse* by Belgian surrealist René Magritte. License CC-BY-NC.

आवश्यक है। भौतिकशास्त्र में इसकी चर्चा कार्य के सन्दर्भ में होती है या गतिज ऊर्जा या स्थितिज ऊर्जा के सन्दर्भ में होती है। अकसर, बिना इस भेद के कि विज्ञान के किस क्षेत्र में हम ऊर्जा की चर्चा कर रहे हैं, इसका परिचय पाठ्यपुस्तकीय (या घिसी-पिटी) परिभाषाओं द्वारा कराया जाता है, 'ऊर्जा कार्य करने की क्षमता है।'

हमारा मानना है कि ऐसा तरीक़ा इस महत्त्वपूर्ण व जटिल अवधारणा की वैचारिक समृद्धता को ठीक से व्यक्त नहीं कर सकता। और-तो-और विद्यार्थी उसी शब्द को अलग-अलग कक्षाओं और सन्दर्भों में सुनते हैं, पर इसके विभिन्न उपयोगों के बीच सम्बन्ध बनाने का मौक़ा नहीं मिलता। ऐसे में, यह सम्भव है कि विद्यार्थी अवधारणा की अधूरी और खण्डित समझ ही बना पाएँ। ये ग़लतफ़हमियाँ जब विज्ञान की मूलभूत अवधारणाओं (जैसे ऊर्जा) से जुड़ी होती हैं तो ये आगे भी भ्रम और समझने में अड़चनें पैदा करती रहेंगी।

ऊर्जा के विभिन्न रूपक : शोध का दृष्टिकोण

रेचल लेंकर का शोध हमें ऊर्जा की अवधारणा से जुड़ी अवधारणाओं की एक शृंखला से अवगत कराता है और हमें इस विषय को पढ़ाने के बारे अच्छे विचार प्रदान करता है।[2,3] उन्होंने यह देखा कि भौतिकी, रसायन और जीवविज्ञान की पाठ्यपुस्तकों (और विज्ञान शिक्षा के अन्य साहित्य) में ऊर्जा को कैसे संकल्पित किया गया है और इसके आधार पर उन विचारों का एक मानचित्र बनाया, जो ऊर्जा की अवधारणा को समझने के लिए अनिवार्य हैं। इस अध्ययन से पता चलता है कि अपने आप में हर क्षेत्र इस सर्वव्यापी अवधारणा के एक छोटे हिस्से पर ही केन्द्रित होता है। जब हम एक ऐसा समग्र ढाँचा विद्यार्थियों के समक्ष प्रस्तुत करेंगे जिसमें इन अलग-अलग दिखने वाले दृष्टिकोणों का एकीकरण किया गया हो, तभी हम यह उम्मीद कर सकते हैं कि वे अवधारणा को सचमुच समझ पाएँगे।

लेंकर ऊर्जा की अवधारणा से जुड़े पाँच मुख्य गुण बताकर शुरू करती हैं, जिन्हें विद्यार्थियों को समझना होगा। ये अपेक्षाकृत अमूर्त विचार निम्न हैं :

1. ऊर्जा संरक्षित रहती है।
2. किसी भी निकाय से समय के साथ ऊर्जा बिखर सकती है।
3. ऊर्जा एक रूप से दूसरे में बदली जा सकती है।
4. ऊर्जा एक निकाय के अलग-अलग भागों में स्थानान्तरित होती है।
5. ऊर्जा एक निकाय द्वारा किसी अन्य स्रोत से प्राप्त की जा सकती है।

इसके बाद लेंकर विज्ञान की शुरुआती पाठ्यपुस्तकों का विश्लेषण करती हैं (भौतिकी, रसायन और जीवविज्ञान जैसे विभिन्न क्षेत्रों में) ताकि वे समझ सकें कि इनमें यह अमूर्त विचार कैसे समझाए गए हैं। संक्षेप

चित्र-2 : ऊर्जा के छह रूपक।

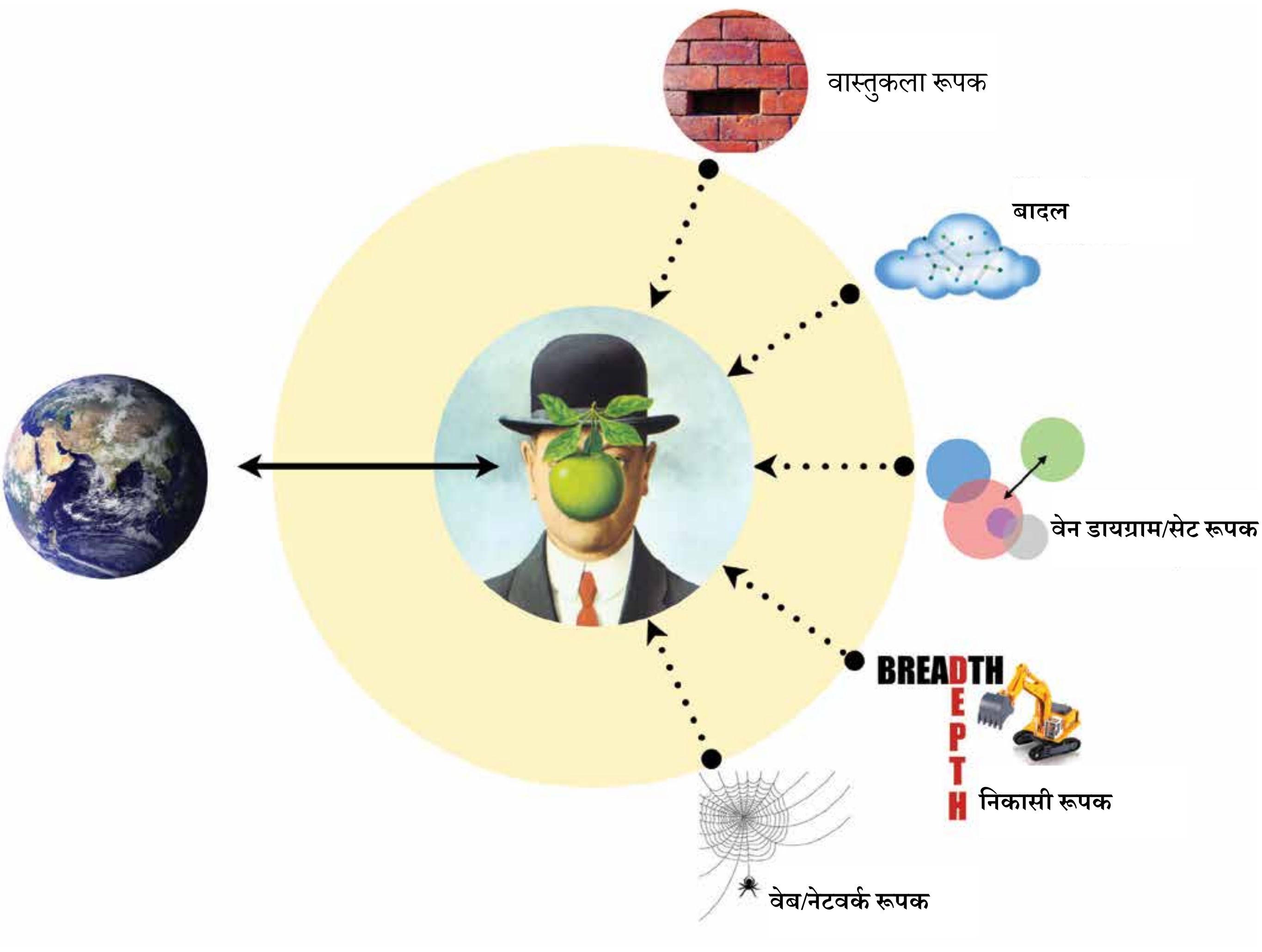
Credits: Illustration by Punya Mishra inspired by the painting 'The key to dreams' by Belgian surrealist René Magritte. License CC-BY-NC.

में कहें तो उन्होंने छह अवधारणात्मक रूपक पहचाने जो इन अमूर्त विचारों को ऐसे धरातल पर रखते हैं कि वे विद्यार्थियों के समझने योग्य हो जाते हैं। ये हैं :

1. ऊर्जा का हिसाब और आवाजाही का ब्यौरा पैसे की ही तरह रखा जा सकता है।
2. ऊर्जा अलग-अलग रूप ले सकती है और एक रूप से दूसरे में बदल सकती है।
3. ऊर्जा पानी की तरह किसी पाइप में बह सकती है।
4. ऊर्जा को जीवित प्राणी और इलेक्ट्रॉन जैसी निर्जीव इकाईयाँ एक जगह से दूसरी जगह ले जा सकती हैं।
5. जिस तरह किसी ख़राब मशीन में तेल की हानि होती है उसी तरह ऊर्जा की हनन/ बर्बादी हो सकती है।
6. ऊर्जा को बैटरी या कसी हुई स्प्रिंग जैसे उपकरणों में संग्रहित किया जा सकता है।

निस्सन्देह, यदि इनमें से किसी भी एक रूपक का इस्तेमाल अलग-थलग किया जाए, तो इस बात की काफ़ी सम्भावना है कि विद्यार्थी ऊर्जा की प्रकृति और विभिन्न क्षेत्रों में उसके कामकाज की सीमित समझ ही विकसित कर पाएँ। यहीं पर विभिन्न रूपकों को एक साथ बुनकर प्रस्तुत करने का विचार महत्त्वपूर्ण हो जाता है जिससे अवधारणा को समृद्ध रूप से व्यक्त किया जा सकता है और विद्यार्थी किसी एक रूपक को किसी अवधारणा को समझने का एकमात्र तरीक़ा मानने से बच पाएँगे *(**चित्र-2 देखें**)*।

ग़ौर करने की बात यह है कि इन छह रूपकों में से प्रत्येक ऊर्जा के पाँच मुख्य गुणों में से कुछ को उभारता है और कुछ ओझल रह जाते हैं। उदाहरण के तौर पर, जब ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ की तरह देखा जाता है, जिसके आवागमन पर नज़र रखी जा सकती है या उसका हिसाब रख सकते हैं, तब हम उसके संरक्षित होने के गुण को तो इंगित कर रहे हैं लेकिन उसके एक रूप से दूसरे में बदल सकने के गुण को छोड़ दे रहे हैं। दूसरी तरफ़ जब हम ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ के रूप में देखते हैं, जिसे गँवाया जा सकता है, तब हम उसके क्षय



चित्र-3 : दुनिया को समझने में ज्ञान के अनेक रूपक।

Credits: Illustration by Punya Mishra inspired by paintings by Belgian surrealist René Magritte. License CC-BY-NC.

(dissipate) होने के गुण को तो बता रहे हैं, लेकिन उसके संरक्षण के गुण को छिपा रहे हैं। ऐसे में कोई एक या दो रूपकों को चर्चा का आधार बनाने से अन्धों का हाथी वाली स्थिति बन जाएगी – जहाँ हर कोई एक हिस्से को ही समझ पाता है और कभी एक समग्र वर्णन पर सहमत नहीं हो पाते। ऊर्जा की एक सुसंगत समझ बनाने के लिए ज़रूरी है कि अवधारणा से जुड़े सभी गुणों पर ध्यान दिया जाए। ऐसे में यह आवश्यक हो जाता है कि कई रूपकों को एक साथ रखकर अवधारणा का एक समग्र और समृद्ध चित्रण किया जाए।

शिक्षण के लिए निहितार्थ

स्कूली कक्षाओं में ऊर्जा का परिचय आमतौर पर "यह काम करने की क्षमता है"[2,3] जैसी संक्षिप्त परिभाषाओं के माध्यम से दिया जाता है। ऐसा करना निष्प्रभावी होने के अलावा, विद्यार्थियों को एक समृद्ध और मूलभूत वैज्ञानिक अवधारणा की अधूरी समझ देता है। विद्यार्थी ऐसी घिसी-पिटी परिभाषाओं को महज रट लेते हैं और परीक्षाओं में उगल देते हैं। इस पद्धति में निहित ख़तरा यह भी है कि विद्यार्थियों के साथ-साथ शिक्षकों को भी यह भ्रम हो जाता है कि वे इसके बारे में सब कुछ जानते हैं। ऊर्जा के बारे में एकाधिक रूपकों के साथ की गई चर्चा ऐसे कुछ मुद्दों का समाधान करने में मददगार होगी। विद्यार्थियों की समझ को गहराई देने के साथ-साथ यह उन्हें विभिन्न क्षेत्रों और विचारों को जोड़ने की क्षमता निर्मित करने में भी मदद करेगी। इस रणनीति को विज्ञान की कक्षा में कार्यान्वित करने के लिए यहाँ कुछ निर्देश दिए गए हैं :

(क) वैज्ञानिकों के समान सोचने की क्षमता

वैज्ञानिकों और विशेषज्ञों के विपरीत, विद्यार्थी भाषा सम्बन्धी बारीकियों में उतने पारंगत नहीं होते। हो सकता है कि उनके पास समझ की उतनी गहराई न हो कि वे आसानी से रूपकों का सटीक विवेचन कर सकें और ऐसे में सम्भव है कि वे बातों को अक्षरशः स्वीकार कर लें। हम जिन्हें आमतौर पर ऊर्जा को लेकर ग़लतफ़हमी या वैकल्पिक अवधारणा कहते हैं वे ज़्यादातर ऐसे रूपकों की थोड़ी ग़लत व्याख्या का परिणाम होते हैं। इन रूपकों को समझने के लिए समझ की ज़रूरी गहराई और दक्षता रातों-रात विकसित नहीं हो सकती। इसके लिए विचारों के साथ लम्बे समय तक जूझने की ज़रूरत होती है। इसलिए, वैज्ञानिक पद्धति में पुनरावृत्ति के तत्व से विद्यार्थियों को अवगत कराना भी आवश्यक है।

कैसे क्रियान्वित करें? फ़ाइनमैन के भौतिकी के व्याख्यान ऊर्जा संरक्षण[4] के तर्क को निर्मित करने का उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। वे शरारती डेनिस द मेनेस के काल्पनिक पात्र से शुरू करते हैं, जो ब्लॉक्स से खेल रहा है। हर एक ब्लॉक के साथ, रूपकों से परिपूर्ण कहानी और पेचीदा होती जा रही है और अन्त में उसमें गणितीय समीकरण भी शामिल हो जाते हैं। इसी प्रकार से ऊर्जा की अवधारणा के साथ ख़ूब सारे रूपकों के साथ जद्दोजहद की आवश्यकता है। एक बार जब यह पक्का हो जाए कि रूपक भरी भाषा और ऊर्जा से जुड़ी चर्चा पर विद्यार्थियों की पकड़ बन गई है तो शिक्षक औपचारिक परिभाषा, समीकरण और आंकिक सवालों से विद्यार्थियों को परिचित करा सकती हैं। विद्यार्थियों को गणितीय और ग़ैर-गणितीय अवधारणाओं के बीच सम्बन्ध बनाने को प्रेरित करने से सुसंगति और गहनता आएगी। इसके लिए हमें ऐसे रूपकों पर बार-बार लौटना होगा और अवधारणाओं को सुदृढ़ करते रहना पड़ेगा। यह छोटे समूहों में भी किया जा सकता है।

(ख) अन्तरविषयी सोच

ऊर्जा जैसी अवधारणाएँ अलग-अलग विषय क्षेत्रों में मौजूद होती हैं। अलबत्ता, ऊर्जा की अवधारणा पर भौतिकी में जैसे चर्चा की जाती है वह जीवविज्ञान या रसायनविज्ञान से फ़र्क़ होती है (कम-से-कम सतही तौर पर)। किसी विषय क्षेत्र में किसी टॉपिक की चर्चा के लिए कोई ख़ास रूपक ज़्यादा उपयुक्त होता है[2]। किसी अवधारणा को समग्र रूप से और गहराई से समझने के लिए आवश्यक है कि विभिन्न विषयों में उसके अलग-अलग प्रतीत होते प्रकट रूपों को समझा जाए और उनमें सामंजस्य स्थापित किया जाए। दुर्भाग्य से, यह अवधारणात्मक चुनौती पूर्णतया विद्यार्थियों के ज़िम्मे छोड़ दी जाती है। कक्षा में ऐसी चर्चा जिसमें इन विभिन्न रूपकों के बीच सामंजस्य हो, वह एक ओर भौतिकी, रसायन और जीवविज्ञान जैसे भिन्न विषयों में ऊर्जा के बीच सामंजस्य स्थापित करने में मदद करेगी, वहीं दूसरी ओर, इससे इन विचारों के बारे में चर्चा और तर्क करने के लिए समृद्ध भाषा और अवधारणात्मक संरचना भी प्राप्त होगी।

कैसे क्रियान्वित करें? ऊर्जा के किसी ख़ास वर्णन से जुड़े रूपकों की पहचान करें। उदाहरण के तौर पर, जीवविज्ञान में परितंत्रों के बीच ऊर्जा के बहाव के बारे में चर्चा होती है। ऐसे में ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ के रूप में देखना, जो पानी की तरह पाइप में बहता है, उपयोगी हो सकता है। दूसरी तरफ़ भौतिकी में पहाड़ से लुढ़कते पत्थर की बात होती है। यहाँ ऊर्जा को एक ऐसे पदार्थ के रूप में देखना ज़्यादा उपयुक्त होगा, जो एक रूप से दूसरे में परिवर्तित होता है, क्योंकि ऊर्जा यहाँ स्थितिज रूप से गतिज रूप में परिवर्तित हो रही है। इस बात पर ज़ोर दें कि भले ही अलग-अलग रूपकों का इस्तेमाल हो रहा है, पर इनमें बुनियादी जुड़ाव हैं। जब हम इन अलग-अलग रूपकों को सुसंगत ढंग से एक साथ रखते हैं तभी एक अवधारणा के तौर पर ऊर्जा का सम्पूर्ण चित्रण कर सकते हैं। अपने विद्यालय के अन्य विज्ञान शिक्षकों से भी बात करके भौतिकी, जीवविज्ञान और रसायन में से सम्पूरक रूपकों की एक लिस्ट बनाएँ।

उपसंहार

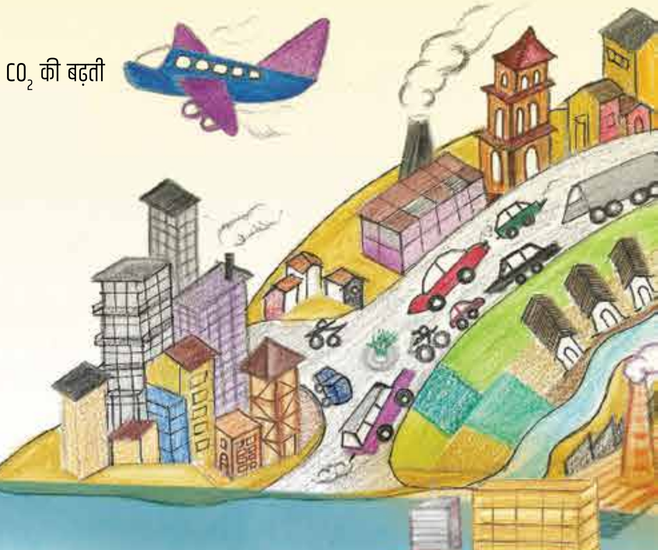
ज्ञान के विचार के बारे में हमारी समझ भी रूपक आश्रित है (**चित्र-3 देखें**)। उदाहरण के तौर पर, ज्ञान को एक परस्पर सम्बन्धित जाल या नेटवर्क के रूप में देखना उसे वास्तु-आधारित रूपक के सहारे से देखने से बहुत अलग है। इन रूपकों को गहराई से समझना इस लेख के दायरे के परे की बात है, पर शिक्षा से जुड़े लोगों को इसे ध्यान रखना आवश्यक है।

विचारों और विषयों के बीच सम्बन्ध बनाने

खोजबीन

समुद्रों का अम्लीकरण

तेजस जोशी



यहाँ से शुरू करें!

1 समुद्र की सतह इसके ऊपर स्थित वायुमण्डल के सम्पर्क में होती है। यह वह जगह है जहाँ इन दोनों के बीच लगातार गैसों का आदान-प्रदान होता है। आप में से कई लोग यह जानते हैं कि जल वाष्प समुद्रों से वाष्पित होकर वायुमण्डल में जल चक्र के हिस्से के रूप में जाती है। इसी तरह, वायुमण्डल की कई गैसें, जैसे कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), नाइट्रोजन (N_2) वग़ैरह पानी में घुल जाती हैं।

2 यह हमारे द्वारा वायुमण्डल में छोड़ी गई CO_2 की बढ़ती मात्रा से कैसे जुड़ा है?

3 वायुमण्डल में CO_2 की सान्द्रता जितनी अधिक होगी, समुद्रों द्वारा इसका अवशोषण भी उतना ही अधिक होगा। तो इस सारी CO_2 का क्या होता है?

4 अवशोषित CO_2 समुद्र के पानी (H_2O) से जुड़कर कार्बोनिक एसिड (H_2CO_3) बनाती है।

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

5 इसलिए जितनी अधिक CO_2 हम वायुमण्डल में छोड़ेंगे, कार्बोनिक एसिड की उतनी ही अधिक सान्द्रता हमारे समुद्रों में होगी। यह कार्बोनिक एसिड तेज़ी से हाइड्रोजन आयनों (H^+) और बाईकार्बोनेट(HCO_3^-) आयन में टूट जाता है।

$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

6 हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता अम्लीयता का एक माप है। इसके बढ़ने का मतलब है कि समुद्र अब अधिक अम्लीय हो गए हैं।

7 अम्लीयता में बहुत अधिक और अचानक परिवर्तन समस्या पैदा कर सकता है। हमारे अपने शरीर की तरह, समुद्रों में भी असंख्य नाज़ुक रूप से सन्तुलित प्रक्रियाएँ और प्रणालियाँ होती हैं जो परस्पर सम्बन्धित हैं और विशिष्ट पर्यावरणीय परिस्थितियों पर निर्भर होती हैं। इनमें से कई प्रक्रियाएँ प्रतिकूल रूप से प्रभावित होने के संकेत देने भी लगी हैं।

8

सीपियों जैसे कठोर कवच वाले जीव (जैसे मर्सनेरिया प्रजातियाँ) समुद्रों में अधिक अम्लीय परिस्थितियों का सामना करने में असमर्थ होते हैं और वास्तव में इस कारण मर जाते हैं, क्योंकि कार्बोनेट में परिवर्तन के परिणामस्वरूप उनके कवच घुल जाते हैं।

Clam Shells *(Mercenaria sp.)* image by Ken Hammond

9

शोधकर्ताओं ने समुद्री जीवों की कार्यिकी, व्यवहार और प्रजनन में अजीब बदलाव देखे हैं। उदाहरण के लिए, उच्च अम्लीयता ने नॉर्वेजियन शैवाल प्रजाति एमिलियानिया हक्सली की वृद्धि को कम कर दिया है।

Microscopic image of *Emiliania* cell by Alison Taylor

10 कल्पना कीजिए कि आप अपना मकान बना रहे हैं, लेकिन आपके पास पर्याप्त ईंटें और सीमेंट नहीं हैं; मुश्किल है ना? शोधकर्ताओं ने ऐसा ही प्रभाव समुद्रों में CO_2 की सान्द्रता बढ़ने के कारण देखा है। प्रवाल भित्तियाँ और कई समुद्री जीव अपने सुरक्षात्मक बाह्य कंकाल के निर्माण के लिए कैल्सिकरण नामक प्रक्रिया के भरोसे रहते हैं। इस प्रक्रिया के दौरान, समुद्रों के पानी में कैल्शियम आयन और कार्बोनेट आयन मिलकर कैल्शियम कार्बोनेट बनाते हैं।

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$

जब CO_2 की सान्द्रता ज़्यादा होती है, तब कार्बोनेट आयंस, CO_2 (कार्बन डाइऑक्साइड) और पानी के बीच इसकी बजाय एक अन्य अभिक्रिया होती है। यह कार्बोनेट का उपयोग कर लेती है, जो अन्यथा कैल्सिकरण के लिए उपलब्ध होती।

$CO_2 + H_2O + CO_3^{2-} \rightarrow 2HCO_3^-$

जैसे ही कार्बोनेट आयनों की सान्द्रता कम हो जाती है, समुद्री जीवों के बाहरी कंकाल कमज़ोर हो जाते हैं। इन छोटे कवच वाले जीवों की घटती आयु अन्य प्रजातियों (जैसे मछली) के अस्तित्व को प्रभावित करती है जो भोजन/ आश्रय के लिए उन पर निर्भर होती हैं।

11 धीरे-धीरे, यह प्रभाव समुद्री प्रजातियों की बढ़ती संख्या द्वारा महसूस किया जाता है, क्योंकि वे सभी परस्पर जुड़े खाद्य जाल का हिस्सा हैं।

इतना ही नहीं। समुद्री अम्लीकरण तटीय मानव समुदायों के जीवन और आजीविका के लिए भी एक गम्भीर ख़तरा उत्पन्न करता है जो समुद्र की मछली और कवचधारी प्राणियों पर (भोजन और व्यापार के लिए) पर निर्भर होते हैं।

? ये तो हैं ही, हम अभी भी इस परिघटना के सारे वैश्विक प्रभावों को समझने की कोशिश कर रहे

Design: Tejas Joshi

14 LIFE BELOW WATER

1. संयुक्त राष्ट्र ने अपने 17 सतत विकास लक्ष्यों में से एक का निर्णय महासागर और समुद्री संसाधनों के अच्छे स्वास्थ्य और सुरक्षा को सुनिश्चित करने की दिशा में लिया है!
2. कौन-सी गतिविधियाँ इस वैश्विक उद्देश्य में योगदान देने में मदद कर रही हैं और अन्य क्या हैं? जानने के लिए इस लिंक पर आएँ : http://bit.ly/uUN17SDG
3. क्या आप समुद्र का अधिक विस्तार से अन्वेषण करना चाहेंगे और महासागर के अम्लीयकरण के बारे में अधिक जानना चाहेंगे? या कुछ समुद्र विज्ञानियों को कार्य करते हुए देखना चाहेंगे? अधिक जानने के लिए इस लिंक पर आएँ : http://bit.ly/techemoloceans

एक समुद्रशास्त्री बनें

योजना ने इस बात की झलक पेश की कि समुद्र के नीचे जीवन वास्तव में कितना विशाल, गतिशील और अन्योन्याश्रित है। समुद्र का अम्लीकरण आज अनुसंधान के कई उभरते क्षेत्रों में से एक है।

और समुद्रशास्त्रियों का, जिन्होंने अपने शोध के लिए समुद्र को चुना है, हर दिन महासागरों पर शोध एक कम समझी गई और चुनौतीपूर्ण दुनिया की खोज है। क्या आप स्वयं समुद्रशास्त्री बनना चाहेंगे?

महासागरों के अध्ययन के लिए जीवविज्ञान, रसायनविज्ञान, भौतिकी, पारिस्थितिकी और गणित जैसे कई क्षेत्रों में ज्ञान और रुचि की आवश्यकता होती है, इसके लिए कड़ी मेहनत और कम अनुकूल वातावरण और जलवायु में काम करने की तैयारी की भी आवश्यकता होती है।

इसमें कोई सन्देह नहीं कि यह पेशे का एक लोकप्रिय विकल्प बनता जा रहा है : आप हमारे अगले महासागर खोजी हो सकते हैं।

अपने दोस्तों के साथ महासागरों में शोध के हालिया विषयों की खोज करें, क्या वे विषय किसी भी तरह से महासागर अम्लीकरण से जुड़े हैं?

हम स्थानीय और वैश्विक स्तर पर महासागरीय अम्लीकरण की चुनौती का कैसे सामना करते हैं?

एक समुद्रशास्त्री का जीवन कैसा होता है? कुछ समुद्रशास्त्रियों को ऑनलाइन खोजें और उनके कार्य अनुभवों को एक साथ जोड़ने का प्रयास करें।

आपके विचार में महासागरों के अध्ययन में सबसे बड़ी चुनौतियाँ क्या हैं?

तेजस जोशी 2016-17 के जर्मनी के बेयर विज्ञान और शिक्षा फ़ाउंडेशन के फेलो हैं। उन्होंने यूनिवर्सिटी कॉलेज लंदन इंस्टीट्यूट ऑफ एजुकेशन से विज्ञान शिक्षा में एमए किया है। वे 2009 से होमी भाभा साइंस सेंटर में विज्ञान शिक्षा पर काम करते रहे हैं। जहाँ तेजस ने पहली बार रसायनविज्ञान के लिए संसाधन बनाने पर एक बहु-घटक कार्बनिक प्रतिक्रिया पर काम किया है। उनकी हालिया परियोजना सतत विकास के लिए रसायनविज्ञान शिक्षा, सन्दर्भ आधारित शिक्षा और रसायनविज्ञान के लिए शैक्षिक संसाधन के विकास पर रही है। खाली समय में तेजस पेंटिंग, चित्रकारी और बाग़वानी का आनन्द लेते हैं। उनसे tejas@aldifioff.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : प्रिया त्रिवेदी **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

की क्षमता कई कारणों से महत्त्वपूर्ण है। एक ही चीज़ को अलग-अलग परिप्रेक्ष्यों से देख पाना और प्रकट रूप से भिन्न प्रतीत होते विचारों में निहित समानता देख पाना एक अद्भुत अनुभव है। हम अपने विद्यार्थियों को एक ऐसे मुक़ाम तक पहुँचने में मदद कर सकते हैं, जहाँ से वे ऊर्जा जैसी अवधारणाओं को उनकी पाठ्यपुस्तकीय परिभाषाओं और समीकरणों से आगे जाकर समझ सकें। अन्तरविषयी सोच की नींव स्कूली समय में ही बनाई जा सकती है। और जैसा कि यहाँ ऊर्जा की अवधारणा के साथ दिखाया गया है, विज्ञान शिक्षण में विभिन्न रूपकों के इस्तेमाल से विषयों के बीच के सम्बन्ध बना सकने की सम्भावना प्रबल होती है।

Note:

1. All the illustrations in this article were created by Punya Mishra, inspired by the Belgian surrealist artist René Magritte. Magritte's art often points to the limitations and arbitrariness of using language to understand the world and thus provided a rich source of images to explore the idea of using multiple metaphors in science education.
2. Credits for the image used in the background of the article title: John Sheehan (@dogstar7tweets on twitter). License: CC-BY-NC-ND (used with permission).

References

1. Wieman, C. (2007). Why not try a scientific approach to science education? Change: The Magazine of Higher Learning, 39(5), 9-15.
2. Lancor, R. A. (2013). The many metaphors of energy: Using analogies as a formative assessment tool. Journal of College Science Teaching, 42(3), 38-45.
3. Lancor, R. (2014). Using metaphor theory to examine conceptions of energy in biology, chemistry, and physics. Science & Education, 23(6), 1245-1267.
4. Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2015). The Feynman lectures on physics, Vol. I: The new millennium edition: mainly mechanics, radiation, and heat (Vol. 1). Basic Books.
5. Ledford, H. (2015). How to solve the world's biggest problems. Nature, 525, 308-311.

Recommended Articles to Learn More

1. Close, H. G., & Scherr, R. E. (2015). Enacting conceptual metaphor through blending: Learning activities embodying the substance metaphor for energy. International Journal of Science Education, 37(5-6), 839-866.
2. Lakoff, G., & Johnson, M. (2008). Metaphors we live by. University of Chicago press.

डॉ. के.के. मशूद मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी में फिजिक्स एजुकेशन रिसर्च लैब में एक शोध सहयोगी हैं। मशूद का वर्तमान शोध प्राकृतिक विज्ञान में स्नातक स्तर पर अन्त:विषयक सोच का आकलन करने के लिए एक रूपरेखा विकसित करने पर है। उनसे mashoodk@msu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

डॉ. रोहित मेहता (वेब : mehtarohit.com) आयोवा स्टेट यूनिवर्सिटी में स्कूल ऑफ़ एजुकेशन में पोस्ट-डॉक्टरल रिसर्च एसोसिएट हैं। उनका शोध नए मीडिया युग में वैज्ञानिक साक्षरता और समावेशी साक्षरता प्रथाओं पर है।
उनसे rmehta@iastate.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

डॉ. पुण्य मिश्र (वेब : punyamishra.com) एरिज़ोना स्टेट यूनिवर्सिटी में एसोसिएट डीन ऑफ़ स्कॉलरशिप और इनोवेशन के प्रोफ़ेसर हैं। उनसे punya.mishra@asu.edu पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

मिट्टी के बारे में सीखना : विद्यार्थियों के विचार

सन्तोष कुमार

विद्यार्थी मिट्टी के बारे में क्या जानते हैं? कौन-से अनुभव इसके बारे में उनकी समझ बनाते हैं? वे मिट्टी के बारे में क्या सीखना पसन्द करेंगे? इस लेख में मिट्टी के बारे में कुछ ग्रामीण और शहरी विद्यार्थियों के साथ अनौपचारिक चर्चा द्वारा उनके विचारों को रिकॉर्ड कर इन प्रश्नों के उत्तर देने की कोशिश की जा रही है। यह शिक्षकों को मिट्टी के अध्यापन को और सूचनाप्रद, रचनात्मक और विद्यार्थियों से बातचीत पर आधारित बनाने में मदद करने के सुझाव देता है।

हम में से अधिकांश की मिट्टी से जुड़ी सबसे शुरुआती यादें हैं। बच्चे की तरह कीचड़ से खेलते समय उसे छूना, सूँघना और यहाँ तक कि चखना (हाँ निश्चित रूप से) शुमार था। बढ़ते हुए शहरीकरण के साथ बहुत-से बच्चे अपना बचपन ऊँचे-ऊँचे बहुमंज़िला भवनों में बिता देते हैं, जो मोटेतौर पर उन्हें प्रकृति से बेगाना करता है, ख़ासतौर से मिट्टी के साथ इन अनुभवों से वंचित कर देता है।

मिट्टी जो स्वयं में विविध सूक्ष्म जीवों से भरी हुई है, और मानव सहित विविध जीवों का आश्रय है, बच्चों से प्रायः इसका परिचय भूगोल, सामाजिकविज्ञान, जीवविज्ञान के पाठ्यक्रम में शुष्क सैद्धान्तिक अवधारणाओं के पुलिन्दे के रूप में करवाया जाता है। यद्यपि, शिक्षाविद के नाते हमारे पास ऐसे कई अवसर होते हैं जब हम इस विषय को जीवन से जोड़ सकते हैं। इनमें वे सब गतिविधियाँ शामिल हैं जो उदाहरण के लिए बच्चों को मिट्टी का प्रत्यक्ष शारीरिक अनुभव दे सकती हैं। ये बच्चों को मिट्टी की बेहतर जीवन्त और पारस्परिक क्रिया आधारित समझ बनाने में समर्थ बना सकती हैं।

कक्षा अध्यापन में सहायक गतिविधियाँ बनाने में हम प्रायः अन्य शिक्षकों के संसाधनों और अनुभवों की ओर देखते हैं। अलबत्ता, इस बार मैंने सोचा कि विद्यार्थियों से यह जानना दिलचस्प होगा कि वे मिट्टी के बारे में क्या और कैसे सीखना चाहेंगे। उनकी प्रतिक्रियाओं को क़रीब से और संवेदनशीलता से देखने पर शिक्षकों के रूप में हम कुछ सीख सकेंगे कि इस विषय में और अधिक समृद्ध सीखने का अनुभव कैसे दिया जाए।

विद्यार्थियों से संवाद

एक औपचारिक साक्षात्कार की बजाय मैंने कक्षा-7 और 8 के विद्यार्थियों के दो समूहों के साथ अनौपचारिक बातचीत करना तय किया। एक समूह में शहरी पृष्ठभूमि के विद्यार्थी सम्मिलित थे लेकिन वे ग्रामीण क्षेत्र में स्थित आवासीय विद्यालय में अध्ययन कर रहे थे। दूसरा समूह छोटे किसानों, चरवाहों, कुम्हारों, लोहारों और भूमिहीन मज़दूर समुदाय के विद्यार्थियों का था जो एक स्थानीय निजी विद्यालय के अनिवासी विद्यार्थी थे।

विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाएँ विचारोत्तेजक और कुछ मामलों में तो अप्रत्याशित रूप से काव्यात्मक थीं।

यह लेख विभिन्न विषयों से सम्बन्धित बातचीत प्रस्तुत करता है और बतौर शिक्षक हमारे लिए कुछ सबक़ की भी चर्चा करता है।

मट्टी अन्ते मनासुलो येमि गुरथिकी ओस्थुण्डी – आप पर मिट्टी की पहली छाप क्या है?

मिट्टी शब्द सुनकर शहरी विद्यार्थियों ने अपनी प्रतिक्रिया फ़सलों, उर्वरता, केंचुए, खेतों, लवणों, जलस्तर, मिट्टी प्रदूषण आदि पर अवलोकनों के

चित्र-1 : मिट्टी के बारे में अध्यापन करके सीखने पर केन्द्रित होना चाहिए।

Credits: Santosh Kumar. License: CC-BY-NC (used with permission).

आधार पर साझा की। एक विद्यार्थी को कबीर की रचना याद आई – “माटी कहे कुम्हार से...”। अन्य विद्यार्थी को हिन्दी फ़िल्मी गीत “मेरे देश की धरती सोना उगले...” की याद आ गई।

ग्रामीण समुदाय से आए विद्यार्थियों के लिए मिट्टी शब्द विविधता के विचार को जगाने वाला रहा। उन्होंने अपने क्षेत्र की विविध प्रकार की मिट्टियों का वर्णन तेलुगू शब्दों में किया – नल्ला रेगाड़ा मट्टी (काली कपास उपजाऊ मिट्टी), येर्रा मट्टी (लाल मिट्टी) वग़ैरह। उनके लिए मिट्टी से मतलब सूक्ष्मजीव, केंचुए, कीट, खेतों की खाद, सूखी पत्तियाँ, गाय का गोबर, भेड़ की लेण्डियाँ आदि भी थे। उनमें से बहुतों ने गर्मियों के दौरान या उसके बाद पहली बारिश की बौछार से जुड़ी “सौंधी महक” (जिसे तेलुगू में *तुलाकरी* कहते हैं) की ओर ध्यान दिलाया। उनमें से अधिकांश के लिए उर्वरता से जुड़े विविध मामले मिट्टी के साथ उनके मानसिक जुड़ाव पर हावी लगे।

मिट्टी के बारे में आप क्या जानते हैं? यह ज्ञान किन अनुभवों से बनता है?

लगता है कि ग्रामीण विद्यार्थियों के मिट्टी के साथ सम्बन्ध बहुत ही स्वाभाविक होते हैं। मिट्टी का उनका अधिकांश ज्ञान और समझ मुख्यतः घर पर कृषि सम्बन्धी गतिविधियों में भागीदारी और देखकर मिली हैं। उदाहरण के लिए, वे जानते हैं कि किस प्रकार की मिट्टी विशिष्ट फ़सलों : मूँगफली, टमाटर, लाल चना, सेम के लिए अच्छी होती है – ये सभी स्थानीय स्तर पर उगाई जाती हैं। इन बच्चों को मिट्टी के बारे में सीखने के लिए अन्य अवसर भी उपलब्ध होते हैं। उदाहरण के लिए वे पोखरों के आसपास या पहाड़ियों (जहाँ वे अपने मवेशियों को चराने के लिए ले जाते हैं) की मिट्टी के अन्तरों की चर्चा कर सकते थे। वे बता सकते थे कि मकान बनाने, ईंटों के निर्माण में तथा बर्तन बनाने के लिए किस प्रकार की मिट्टी का उपयोग किया जाता है। दो बच्चे उस गाँव से थे जहाँ बहुत सारे कुम्हार थे। कुछ ने यह भी बताया कि उन्होंने अपने माता-पिता, दादा-दादी, नाना-नानी और परिवार के अन्य सदस्यों से बातचीत के माध्यम से मिट्टी के बारे में जानकारी हासिल की। उन्होंने बताया कि स्कूल में मिट्टी के बारे में मुख्यतः प्रयोग करके और थोड़ी बहुत बाग़वानी में शामिल होकर सीखा है, जहाँ स्कूल के रसोईघर के अपशिष्ट जल से सब्ज़ियाँ उगाना भी सम्मिलित था। अलबत्ता, यह स्पष्ट था कि उनकी काफ़ी समझ उन्हें अपने घर पर व्यक्तिगत और प्रायोगिक अनुभवों से मिली है। वास्तव में मिट्टी की इस समझ ने कक्षा में उनके सीखने की प्रक्रिया को बहुत आसान बना दिया था।

इसके विपरीत, शहरी बच्चों को मिट्टी के बारे में जितनी भी जानकारी थी वह उन्होंने विद्यालय में सीखी थी। केवल दो विद्यार्थियों (एक जिसके दादा-दादी कृषि विश्वविद्यालय परिसर में रहते थे और दूसरा जो उत्तरांचल से था) ने बताया कि उन्हें अपने घर पर भी मिट्टी के बारे में कुछ अनुभव मिले थे। भूगोल और जीवविज्ञान की कक्षाओं ने इन विद्यार्थियों को सैद्धान्तिक और कक्षा के बाहर मिट्टी के बारे में सीखने के कई अवसर उपलब्ध करवाए थे। इनमें बाग़वानी, वृक्षारोपण तथा जल संग्रह के लिए बाँध निर्माण जैसे मैदानी कार्य और विद्यालय द्वारा आयोजित परिभ्रमणों में किसानों से बातचीत शामिल थी। इनमें से कई विद्यार्थी मिट्टी के पारिस्थितिकी तंत्र की अवधारणा और मिट्टी के विभिन्न प्रकारों (जलोड़ और काली मिट्टी से लेकर दोमट और रेतीली मिट्टी तक) के अन्तरों से परिचित थे। इनमें से कुछ मिट्टी का महत्त्व काफ़ी अच्छे से बता पाते थे – विविध जन्तुओं और वनस्पतियों को सहारा देने के लिहाज़ से या मिट्टी की सेहत का मानव स्वास्थ्य के साथ सम्बन्ध जोड़ने के लिहाज़ से। इन विद्यार्थियों को यह चर्चा करते हुए सुनना रुचिकर अनुभव था कि मानवीय गतिविधियों का मिट्टी की गुणवत्ता पर प्रभाव या कैसे किसी क्षेत्र की कृषि-जलवायु ख़ास क़िस्म की कृषि को सहारा दे सकती है। टिकाऊ कृषि के सन्दर्भ में कुछ ने तो एक ही फ़सल उगाने से मिट्टी की गुणवत्ता पर पड़ने वाले प्रतिकूल प्रभाव की भी चर्चा की। स्पष्ट था कि उनकी मिट्टी के बारे में सैद्धान्तिक समझ बहुत पुख़्ता थी। हालाँकि, यह मूल्यांकन करना मुश्किल था कि वे अपनी इस समझ को किस हद तक अपनी जीवन पद्धति से, वे क्या खाते हैं और अपने स्वास्थ्य से जोड़ पाते हैं।

मिट्टी के बारे में आप क्या सीखना चाहते हैं?

मिट्टी के बारे में वे क्या जानते हैं इसकी चर्चा में से एक बात निकलकर आई कि वे इसके बारे में और अधिक सीखने के इच्छुक थे। दोनों समूहों के विद्यार्थियों के इस सम्बन्ध में कई सुझाव थे कि विद्यालय में क्या चर्चाएँ की जाएँ और सीखना कैसे सम्पन्न हो।

मिट्टी के बारे में वे क्या सीखना चाहेंगे इस मामले में दोनों समूहों के विद्यार्थियों के बीच बहुत समानताएँ थीं। उदाहरण के लिए वे सभी मिट्टी सुधार की विधियों और मानव समाज पर उनके प्रभाव को जानना चाहते थे; विशेष रूप से – मिट्टी के क्षरण/ अवनयन को रोकने के उपाय और किन टिकाऊ तरीक़ों का उपयोग कर भोजन उत्पादन किया जा सकता है? ‘मृदा एटलस’ बनाना सीखने में उन्होंने बहुत रुचि दिखाई, जो पूरे देश में विभिन्न प्रकार की मिट्टियों को प्रदर्शित करेगा और दर्शाएगा कि कैसी मिट्टियाँ कौन-सी फ़सलों के लिए उपयुक्त हैं आदि। रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों का मिट्टी, पारिस्थितिकी, भूजल स्रोतों और मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव अन्य गहन रुचि के क्षेत्र थे।

कुछ शहरी विद्यार्थी कृषि के इतिहास, पारम्परिक कृषि विधियों और हरित क्रान्ति के प्रभाव को जानने में भी रुचि रखते थे। वे कृषि चक्र के दौरान मनाए जाने वाले उत्सवों – बोवनी, फ़सल कटाई आदि से सम्बन्धित गीतों और नृत्यों के बारे में भी विस्तार से जानने को उत्सुक थे। इसके विपरीत ग्रामीण समुदाय के विद्यार्थी सूक्ष्म सिंचाई प्रणालियों और उन फ़सलों के बारे में जानने को उत्सुक थे जो मनुष्य और जानवरों दोनों के द्वारा उपयोग की जाती हैं। सम्भवतः यह इस बात का द्योतक है कि यह समुदाय सूखाग्रस्त अर्द्धशुष्क क्षेत्रों में रहता है जो लगातार पानी के अभाव से जूझता रहता है। निर्माण तकनीकी और अलग-अलग तरह की चिकनी मिट्टी का उपयोग करते हुए बर्तन बनाना इन विद्यार्थियों

की विशेष रुचि का एक और क्षेत्र था। यद्यपि इनमें से कई विद्यार्थियों ने स्थानीय फ़सल कटाई के त्यौहार ख़ुद भी मनाए हैं फिर भी वे शहरी विद्यार्थियों की तरह इनके बारे में और अधिक जानना चाहते थे, ख़ासतौर पर चूँकि इनमें से कई परिपाटियाँ उनके ख़ुद के समुदायों से शीघ्रता से लुप्त हो रही हैं।

इस चर्चा से जो उभरा वह था मिट्टी से सम्बन्धित सामाजिक प्रथाओं को समझना और मुख्य रूप से करके सीखने की प्रबल इच्छा। दोनों समूहों के विद्यार्थियों ने मिट्टी के विविध आयामों के बारे में जानने की उत्सुकता भी व्यक्त की। ऐसा प्रतीत होता है कि वे मिट्टी को एक हरफ़नमौला, जीवन्त और बहु कार्यात्मक जीव की तरह देखते हैं, न कि केवल कृषि से जुड़ी कोई चीज़ जैसा कि प्रायः पाठ्यपुस्तकों में अकसर प्रस्तुत किया जाता है।

मिट्टी से आप किन भावनाओं से जुड़ते हैं?

चर्चा के अन्त में सभी विद्यार्थियों से कहा गया कि वे यह बताएँ कि आमतौर पर वे मिट्टी से किन भावनाओं को जोड़ते हैं। यहाँ उनके कुछ अनुभव उन्हीं के शब्दों में :

“मिट्टी के साथ खेलने में बहुत मज़ा आता है...”

“फ़सल उगते हुए देखना आनन्ददायी अनुभव है...”

“चिकनी मिट्टी और कीचड़ के साथ देवताओं की मूर्तियाँ और अन्य खिलौने बनाना और उनके साथ खेलने में मज़ा आता है...” और

“खेती और मिट्टी के साथ काम करना सुखद, सन्तोषप्रद और परिपूरक है...”

शिक्षकों के लिए सीख

माध्यमिक विद्यालय के इन विद्यार्थियों के साथ चर्चा में यह बात कई तरह से उभरी कि ये संवेदी अनुभव सीखने के अत्यन्त सशक्त अनुभवों को प्रेरित कर सकते हैं। इस चर्चा की कुछ प्रमुख सीखों का उपयोग कक्षा में मिट्टी से परिचित करवाने और समझ विकसित करने हेतु विचार विकसित करने में किया जा सकता है :

1. मिट्टी को केन्द्र में रखकर स्वयं करने के लिए गतिविधियाँ बनाएँ। सीखना इनके माध्यम से होना चाहिए : परिस्थितियों और अड़चनों को देखते हुए, बर्तन निर्माण, बाग़वानी, खाद बनाना और छत पर सब्ज़ी उगाना ऐसी गतिविधियाँ हैं जो सशक्त रूप से इन्द्रियों को सक्रिय कर सकती हैं। इन गतिविधियों का उपयोग कक्षा में जीवविज्ञान, भूगोल और सामान्यविज्ञान की कक्षाओं में मिट्टी के बारे में सीखी गई बातों से जोड़कर भी किया जा सकता है। ख़ासतौर पर खाद्य पदार्थ उगाना ख़ुद करने और कृषि को जीवन जीने के एक तरीक़े के रूप में देखने के प्रति आदर का भाव पैदा करता है।
2. आसपास के खेत/ छत पर बने उद्यान के परिभ्रमण का आयोजन करें और कृषकों/ छत-उद्यान के मालियों से चर्चा का अवसर उपलब्ध करवाएँ।
3. बच्चों को मिट्टी परीक्षण प्रयोगशाला ले जाएँ और वहाँ उनकी बातचीत तकनीशियनों या वैज्ञानिकों से करवाएँ। इससे उन्हें यह समझने में मदद मिलेगी कि किस प्रकार वैज्ञानिक तकनीक आनुभविक ज्ञान को सहारा दे सकती है।
4. बच्चों के साथ काम करते हुए बीज से, मिट्टी, उर्वरक, कम्पोस्ट, खेतों से उनकी टेबल तक भोजन की यात्रा को खोजिए ताकि इस प्रश्न का उत्तर देने का प्रयास किया जा सके : आपका भोजन कहाँ से आता है?

विद्यार्थियों का विभिन्न भाषाओं में मिट्टी, कीचड़ और पृथ्वी के बारे में कविता और गीतों से परिचय करवाइए। वे अपने परिवार के बड़े लोगों या समुदाय के अन्य लोगों की मदद ले सकते हैं। यह सब कक्षा में साझा किया जा सकता है।

व्यक्तिगत सीख

विद्यार्थियों के साथ यह संवाद मेरे लिए सीखने के अवसर बढ़ाने वाला साबित हुआ। जिस उत्साह से उन्होंने अपनी बात रखने की कोशिश की उससे मैं बहुत प्रभावित हुआ। इन चर्चाओं ने मिट्टी के बारे में मेरे स्वयं के दृष्टिकोण को विस्तार दिया। उन्होंने मुझे मिट्टी से सम्बन्धित विभिन्न मुद्दों पर और गम्भीरता पूर्वक तथा नए जोश के साथ सोचने के लिए प्रेरित किया। साथ ही एक बार फिर उन्होंने मेरे लिए यह सिद्ध कर दिया कि शिक्षक एक सीखने वाला भी होता है।

आभार
मैं अपनी मित्र और पूर्व सहकर्मी राधा गोपालन को धन्यवाद प्रेषित करना चाहूँगा, जिनके सहयोग और मार्गदर्शन के बिना यह लेख सम्भव नहीं हो पाता।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Santosh Kumar. License: CC-BY-NC (used with permission).

सन्तोष कुमार ऋषि वैली स्कूल में काम करते हैं। वे जैविक खेती, पशुपालन तथा कृषि जैव विविधता संरक्षण तथा वनीकरण में संलग्न हैं। उनसे gowdasantosh@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : भोलेश्वर दुबे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

पहुँचना मिट्टी की आत्मा तक

राधा गोपालन

मिट्टी एक सजीव हस्ती है – हमारी खाद्य प्रणालियों की बुनियाद है और जलवायु परिवर्तन को सम्बोधित करने के केन्द्र में है। मिट्टी में जीवन जैविक कार्बन से आता है जो ह्यूमस में पाया जाता है। यह लेख पाठकों को उनके आस-पास की मिट्टी की खुदाई करके ह्यूमस – मिट्टी के हृदय और आत्मा – की छानबीन के लिए उत्साहित और प्रेरित करने की उम्मीद करता है।

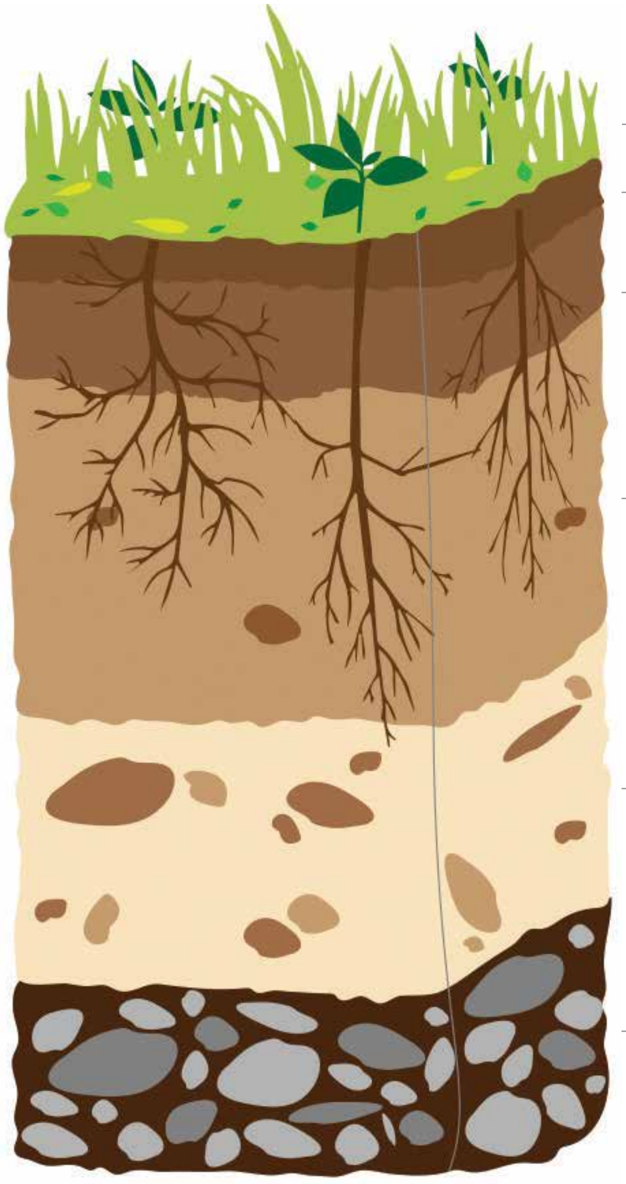
"मिट्टी की उर्वरता वह स्थिति है जो प्रकृति के चक्र से, जीवन के पहिए के क्रमबद्ध घूमने से एवं कृषि के पहले सिद्धान्त को निष्ठापूर्वक अपनाने और क्रियान्वयन का परिणाम होती है – वृद्धि की प्रक्रिया और विघटन की प्रक्रिया के बीच हमेशा पूर्ण सन्तुलन होना चाहिए। इस स्थिति का परिणाम जीवित मिट्टी है। उपजाऊ मिट्टी की कुंजी है... ह्यूमस।"

– सर अल्बर्ट हावर्ड, एन एग्रीकल्चर टेस्टामेंट, 1940।

"ह्यूमस जीवित पदार्थ का उत्पाद और इसका स्रोत है।"

– अल्ब्रेक्ट थेर 18 वीं शताब्दी के जर्मन कृषि वैज्ञानिक।

अधिकांश मिडिल स्कूल पाठ्यक्रमों में विद्यार्थी मिट्टी के बारे में विज्ञान, सामाजिक अध्ययन या भूगोल के एक अध्याय के रूप में सीखते हैं। अध्याय में आमतौर पर मिट्टी की भौतिक संरचना, मिट्टी कैसे बनती है, मिट्टी के प्रकार, मिट्टी के विभिन्न संस्तरों और विभिन्न प्रकार की मिट्टी में उगने वाली फ़सलों पर चर्चा की जाती है। मिट्टी में जीवन के बारे में सीखना आमतौर पर केंचुओं के संक्षिप्त परिचय तक ही सीमित है या यह बता दिया जाता है कि रासायनिक प्रदूषण मिट्टी में जीवन को नष्ट कर सकता है। ग्रामीण और शहरी दोनों मिडिल स्कूल के बच्चों के साथ बातचीत से पता चलता है कि इससे उनमें न तो आश्चर्य की भावना पैदा होती है और न ही इस बात की सराहना का भाव पैदा होता है कि हमारे जीवन में मिट्टी की भूमिका केन्द्रीय है। ग्रामीण समुदायों के खेतिहर पृष्ठभूमि के विद्यार्थियों के साथ काम करते समय यह विशेष रूप से स्पष्ट होता है कि वे अपनी पाठ्यपुस्तकों से जो सीखते हैं वह मिट्टी को लेकर उनके अपने एहसास (एक जीवनदायी तंत्र) से मेल नहीं खाता। इस लेख में कुछ ऐसी गतिविधियाँ प्रस्तुत की गई हैं जो मिट्टी में जान फूँकने के लिए डिज़ाइन की गई हैं जिससे विद्यार्थियों के लिए इनका अध्ययन प्रासंगिक और जुड़ने वाला बनाया जा सकता है, यहाँ तक कि खेती से जुड़े विद्यार्थियों के लिए भी। इन गतिविधियों को हैदराबाद के एक शहरी स्कूल के कक्षा छह के विद्यार्थियों के साथ एक मैदानी कार्यक्रम के दौरान हुए अनुभवों ने आकार दिया है। इन गतिविधियों के माध्यम से हम



चित्र-1 : मिट्टी के संस्तर, ह्यूमस दिखाते हुए।

मिडिल स्कूल के विद्यार्थियों और शिक्षकों को ह्यूमस, जो मिट्टी का दिल और आत्मा है, की खोजबीन को प्रोत्साहित करने की उम्मीद करते हैं। सूक्ष्मजीव इस ह्यूमस के अभिन्न अंग हैं लेकिन प्रायः गुमनाम नायक होते हैं।

मिट्टी कैसे बनती है?

यद्यपि हममें से ज़्यादातर लोग मिट्टी को अचल और निष्क्रिय मानते हैं लेकिन यह वास्तव में एक जटिल माध्यम है जो लगातार बनता रहता है। अधिकांश परिभाषाएँ मिट्टी को क्ले-ह्यूमस सम्मिश्रण के रूप में दर्शाती हैं जो खनिज (चट्टानों से प्राप्त) और जैविक पदार्थों (पौधों और जानवरों से प्राप्त) के मिलने से पैदा हुआ है जो पृथ्वी पर रहने वाले बायोमास के एक बड़े हिस्से का पोषण करता है (**देखें चित्र-1**)।

खनिजों और जैविक पदार्थों का यह सम्मिश्रण निम्न कारणों से होता है :

(i) चट्टानों की टूट-फूट – मौसमी तापमान में परिवर्तन से चट्टानों का टूटना, जल अपरदन, पौधों की जड़ों द्वारा क्षरण क्रिया और मिट्टी में रहने वाले सूक्ष्म जीवों द्वारा स्रावित अम्लों की क्रिया द्वारा।

(ii) कीटों द्वारा गिरी हुई पत्तियों और जन्तु पदार्थों के विघटन से मलबे का निर्माण।

(iii) सूक्ष्मजीवों द्वारा मलबे के और अधिक विघटन और रूपान्तरण।

गिरी हुई पत्तियों और जन्तु-पदार्थों के सूक्ष्मजीवी विघटन द्वारा निर्मित पदार्थों के रूपान्तरण से धीरे-धीरे ह्यूमस बनता है (**चित्र-2 देखें**)। किसी भी स्थान पर बने ह्यूमस की मात्रा ऑक्सीजन की उपस्थिति, नमी, मिट्टी के तापमान और सड़ते कूड़े में कार्बोहाइड्रेट और प्रोटीन की मात्रा पर निर्भर करती है।

इस ग्रह पर जीवन के लिए ह्यूमस इतना महत्त्वपूर्ण क्यों है?

ह्यूमस मिट्टी को अधिक उपजाऊ बनाता है, पौधों की वृद्धि को बेहतर बनाता है और बीमारियों की रोकथाम करता है। मिट्टी की गुणवत्ता को तीन प्रमुख तरीक़ों से प्रभावित करके यह ऐसा कर पाता है :

(i) भौतिक – ह्यूमस मिट्टी के रंग, कण-गठन, नमी धारण करने की क्षमता और हवा की आवाजाही को परिवर्तित करता है। उदाहरण के लिए ह्यूमस से समृद्ध मिट्टी ढीली-ढाली होती है जिससे हवा (ऑक्सीजन) और पानी दोनों पौधों की जड़ों तक आसानी से पहुँच पाते हैं।

(ii) रासायनिक – ह्यूमस में पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक नाइट्रोजन जैसे कई पोषक तत्व होते हैं। यह सल्फर और फ़ॉस्फ़ोरस जैसे कुछ आवश्यक खनिजों की मिट्टी में घुलनशीलता को प्रभावित करता है। ऐसा यह लोहे जैसे तत्वों के साथ उनके यौगिक बनवाकर कर पाता है जो पौधों की वृद्धि के लिए अधिक आसानी से उपलब्ध होते हैं। ह्यूमस के कार्बनिक पदार्थ मिट्टी की pH में परिवर्तन का प्रतिरोध करते हैं जिससे मिट्टी की बफ़रिंग क्षमता बढ़ जाती है। उदाहरण के लिए ह्यूमस से भरपूर मिट्टी में कीटनाशकों या उर्वरकों का अत्यधिक उपयोग या अत्यधिक अम्लीय क्षारीय अपशिष्ट पदार्थ द्वारा सन्दूषण होने के बावजूद पौधों की वृद्धि प्रभावित नहीं होती। ह्यूमस में कार्बनिक पदार्थ हाइड्रोजन या हाइड्रॉक्सिल आयनों को बाँधकर पादप जीवन की रक्षा करते हैं।

(iii) जैविक – ह्यूमस मिट्टी के सूक्ष्मजीवों के लिए ऊर्जा के स्रोत के रूप में कार्य करके

और पौधों के जीवन के लिए पोषक तत्वों का निरन्तर धीमा प्रवाह सुनिश्चित करके उच्च श्रेणी के पौधों की वृद्धि के लिए मिट्टी को बेहतर (अधिक उपजाऊ) माध्यम बनाता है।

क्या हम ह्यूमस को देख सकते हैं?

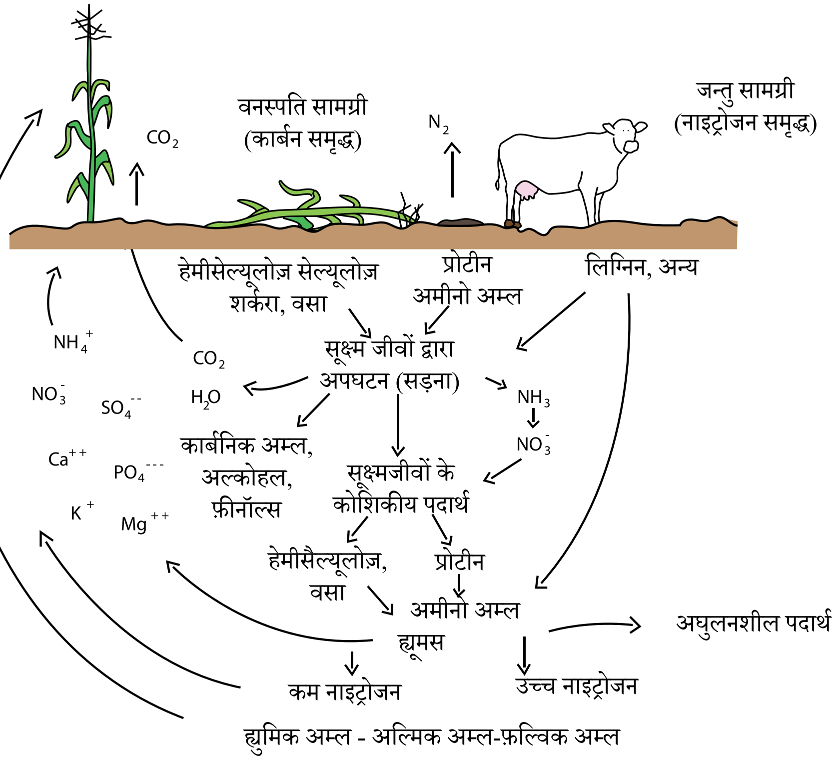
यहाँ वर्णित गतिविधि सम्भवतः बहुत सारे शिक्षक मिट्टी के सन्दर्भ में उपयोग करते हैं। इस गतिविधि के माध्यम से हम कुछ सवालों की खोजबीन कर सकते हैं। जैसे : क्या हम ह्यूमस को देख सकते हैं? क्या मिट्टी हर जगह एक जैसी होती है? क्या कुछ मिट्टियों में अन्य की तुलना में अधिक ह्यूमस होता है? ऐसा क्यों? किस तरह की मिट्टी में अधिक ह्यूमस होने की सम्भावना है – खेल के मैदान की मिट्टी/ एक पेड़ के नीचे/ गमला/ गोशाला? क्यों और आप पक्का कैसे कह सकते हैं?

गतिविधि-1 : ह्यूमस की तलाश!

अपने विद्यालय परिसर में और उसके आस-पास कई स्थानों से मिट्टी के नमूने एकत्र करें। इन स्थानों का निर्णय अपने विद्यार्थियों के साथ करें। उदाहरण के लिए, इनमें शामिल हो सकते हैं खुला मैदान, एक पेड़ के नीचे या कोई अन्य छायादार या वनस्पति से आच्छादित क्षेत्र, गमले से, एक खेत यदि उपलब्ध हो या स्कूल का बग़ीचा, गौशाला यदि उपलब्ध हो या हरी खाद/ कम्पोस्ट का नमूना यदि उपलब्ध हो आदि। प्रत्येक स्थान को एक कोड दे दें। विद्यार्थियों को 5-6 सदस्यों के समूह बनाने के लिए प्रोत्साहित करें। प्रत्येक समूह को अलग-अलग स्थान से मिट्टी के नमूने एकत्र करने को कहें। प्रत्येक समूह को मिट्टी के नमूने एकत्र करने के लिए एक बर्तन दें जिस पर स्थान का उचित कोड लिखा हो। प्रत्येक समूह को अपनी मिट्टी के नमूने के स्थान के बारे में कुछ नोट्स बनाने के लिए कहें। अवलोकनों को **तालिका-1** में दर्ज किया जा सकता है। जब विभिन्न समूह अपनी मिट्टी के नमूनों के साथ लौटें तो उन्हें अपने नमूनों का सावधानीपूर्वक निरीक्षण करने और **तालिका-2** में अपनी टिप्पणियों को रिकॉर्ड करने के लिए प्रोत्साहित करें।

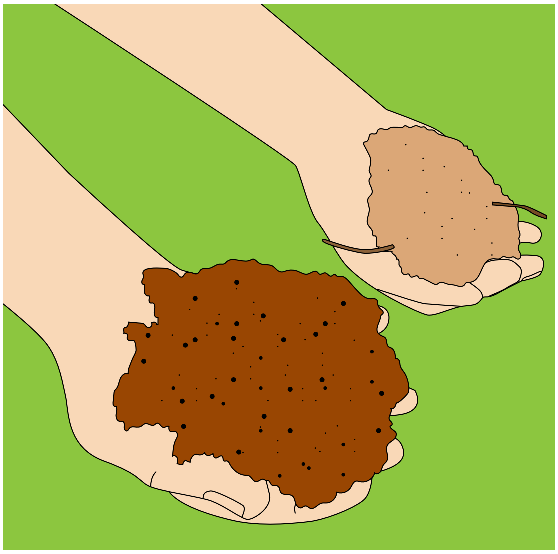
प्रत्येक नमूने के विश्लेषण के आधार पर उस स्थान की विशेषताओं पर चर्चा करें जहाँ से यह एकत्र किया गया था। आमतौर पर अधिक वनस्पति वाले क्षेत्रों या पत्ती के कूड़े के नीचे से प्राप्त मिट्टी अधिक गहरे रंग की होगी। अधिक पानी धारण करेगी और उसमें गीली मिट्टी जैसी गन्ध आ सकती है। गहरे रंग की यह मिट्टी ह्यूमस से समृद्ध है **(चित्र-3 देखें)**।

जब इस गतिविधि को एक ग्रामीण क्षेत्र में किया गया था तो विद्यार्थियों ने देखा कि गोशाला के आस-पास की मिट्टी या खेतों की मिट्टी (जहाँ बहुत अधिक पलवार थी या खाद का उपयोग किया जाता था) वह ज़्यादा गहरे रंग की थी और उसमें वनस्पति रहित क्षेत्रों से या गहन रासायनिक उपयोग वाले क्षेत्रों की मिट्टी की तुलना में अधिक कीट और कृमि थे।



चित्र-2 : ह्यूमस का निर्माण : ज़मीन पर गिरी पत्तियाँ, टहनियाँ और अन्य वनस्पति पदार्थ ढेर के रूप में जमा होकर पत्ती-कूड़ा बनाते हैं। जो वनस्पति पदार्थ जन्तुओं द्वारा नहीं खाए जाते या अनपचे रह जाते हैं वह इस पत्ती-कूड़े में मिल जाते हैं। जब जन्तु मरते हैं तब उनके अवशेष भी इस कूड़े में शामिल हो जाते हैं। मिट्टी में उपस्थित सूक्ष्मजीव इस कूड़े का विघटन करते हैं और उन तत्वों को पुनर्चक्रित करते हैं जो शुरुआत में पौधों द्वारा उनकी वृद्धि के लिए अवशोषित किए गए थे। लेकिन कुछ वनस्पति और जन्तु अवशेष होते हैं जो सूक्ष्मजीवों द्वारा पूर्ण रूप से खनिजीकृत नहीं हो पाते हैं। यह पदार्थ सामान्यतः ह्यूमस कहलाता है जो सामान्यतः गहरे भूरे या काले रंग का होता है और इसका विघटन धीरे-धीरे लम्बे समय में पूरा होता है।

ह्यूमस जीवन के लिए एक जमापूँजी एवं स्थिरतादायक की तरह कार्य करता है : ह्यूमस के निर्माण और संग्रह के फलस्वरूप जीवन के लिए आवश्यक तत्वों का कुछ हिस्सा, विशेष रूप से कार्बन, फ़ॉस्फ़ोरस, गन्धक और पोटाश बँध जाते हैं और चक्र से बाहर हो जाते हैं। चूँकि इनमें सबसे महत्त्वपूर्ण कार्बन, यौगिक में बँधी नाइट्रोजन और उपलब्ध फ़ॉस्फ़ोरस प्रकृति में सीमित मात्रा में ही पाए जाते हैं, इसलिए इनका अनुपलब्ध अवस्था में परिवर्तन पौधों के जीवन पर अंकुश लगाने का कार्य करता है। दूसरी ओर, चूँकि कुछ अनुकूल परिस्थितियों में ह्यूमस का विघटन धीमी गति से होता है, इस कारण यह पौधों की नई वृद्धि हेतु धीमी गति से परन्तु लगातार उपलब्धता सुनिश्चित करता है।



चित्र-3 : मिट्टी की तुलना : ह्यूमस से समृद्ध सजीव मिट्टी (रंग में गहरी) और ह्यूमस की कमी वाली मिट्टी (हल्के रंग की)।

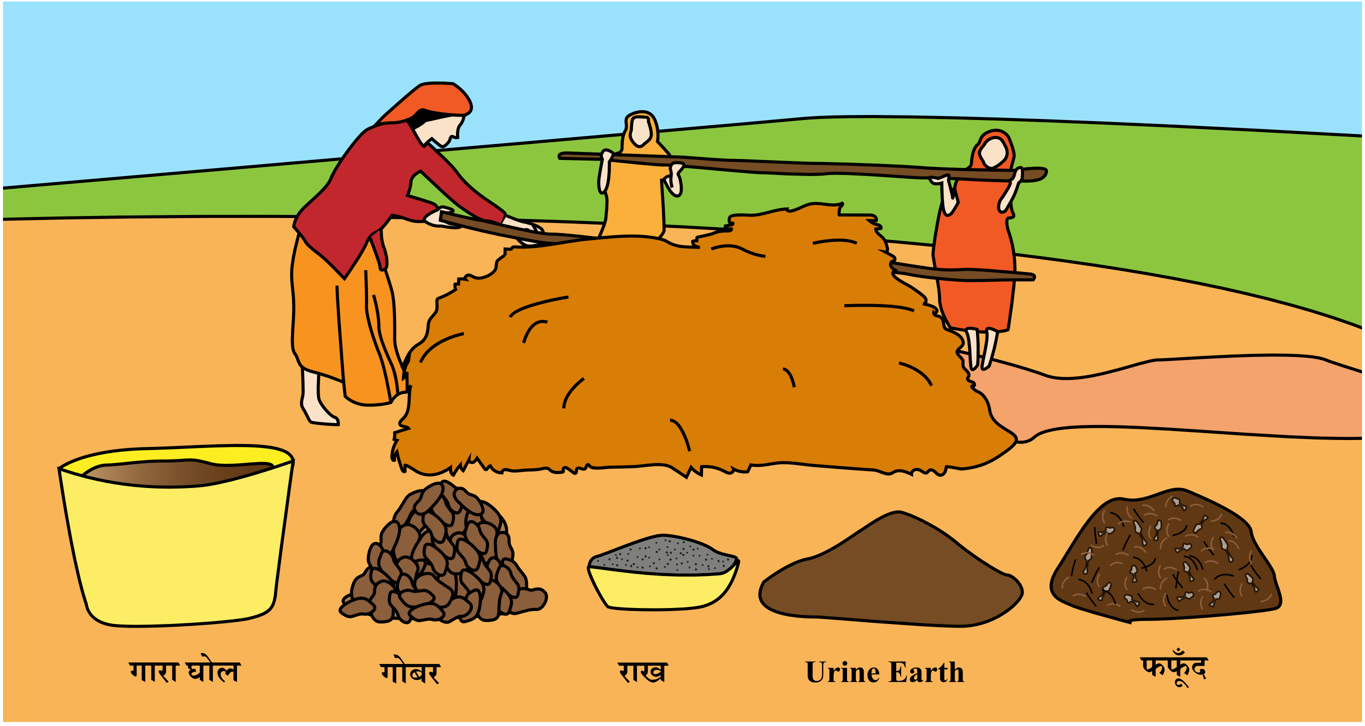
इसमें से अगला सवाल सामने आया। चूँकि कृत्रिम उर्वरकों और कीटनाशकों के भारी उपयोग से मिट्टी की उर्वरता नष्ट हो जाती है, क्या इन मिट्टी में ह्यूमस को वापस लाने का कोई तरीक़ा है? क्या किसान रसायनों के बिना मिट्टी की उर्वरता बनाए रख सकते हैं और इसके बावजूद भी पर्याप्त खाद्य सामग्री उगा सकते हैं?

क्या हम ह्यूमस पैदा कर सकते हैं?

जैसा कि हमने देखा है, ह्यूमस मिट्टी के सूक्ष्मजीवों द्वारा जैविक पदार्थों के निरन्तर प्राकृतिक विघटन के परिणाम स्वरूप उत्पन्न होता है। इसलिए उपजाऊ मिट्टी जैविक पदार्थों में समृद्ध होती है और विघटनकारी जीवाणुओं के लिए एक बढ़िया आवास प्रदान कराती है। जहाँ मिट्टी की खनिज परतें गहराई में पाई जाती हैं वहीं इसके जैविक घटक सतह के पास अधिक मात्रा में रहते हैं – जिसे टॉपसॉइल भी कहा जाता है। परिणामस्वरूप यही वह परत है जहाँ मिट्टी के जीवाणु जैविक पदार्थों का अपघटन सम्पन्न करते हैं। मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने के लिए टॉपसॉइल का संरक्षण ज़रूरी है। अलबत्ता, विभिन्न मानवीय गतिविधियाँ, जिनमें वनों की कटाई या जुताई जैसे खेती के तौर-तरीक़े शामिल हैं, इस सतही जैविक परत को नष्ट करती है।

हालाँकि ह्यूमस प्राकृतिक रूप से जंगलों, खेतों में बनता है लेकिन हम भी इन क्षेत्रों के बाहर कम्पोस्टिंग के माध्यम से इसे बना सकते हैं। उदाहरण के लिए किसान अपने कृषि प्लॉट्स के बाहर ऐसा करते हैं – जैविक पदार्थों का ढेर लगाकर और सूक्ष्मजीवों की क्रिया के माध्यम से इसके किण्वन को बढ़ावा देकर।

ह्यूमस के समान कम्पोस्ट भी विघटित जैविक पदार्थ (जैसे जन्तुओं की विष्ठा, मानव कचरा, सड़ता हुआ जैविक पदार्थ, जैसे भोजन और बग़ीचे का कचरा आदि) से बना होता है। आश्चर्य की बात नहीं कि कम्पोस्ट निर्माण की सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल की जाने वाली विधि ह्यूमस निर्माण के प्राकृतिक स्थल (जंगल का फ़र्श) से प्रेरित है। अपनी पुस्तक *दी एग्रीकल्चर टेस्टामेंट* में सर अल्बर्ट हावर्ड खाद के गड्ढे के लिए स्थान चयन पर बहुत अधिक ज़ोर देते हैं। आदर्श रूप में कम्पोस्टिंग सीधी धूप और तेज़ हवा से दूर किया जाता है। जैविक पदार्थ का ढेर इस तरह बनाना चाहिए कि गर्मी के उत्पादन और ह्यूमस बनाने वाली कवक को जीवित रखने के लिए आवश्यक ऑक्सीजन आसानी से प्रवेश कर सके। जब यह सभी शर्तें पूरी हो जाती हैं तो ढेर गर्म हो जाता है (तापमान 80 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाता है)। तापमान में यह वृद्धि ताप-स्नेही (thermophilic) सूक्ष्मजीवों



चित्र-4 : वर्षा काल में जलभराव से बचने के लिए किसान ज़मीन के ऊपर कम्पोस्ट का ढेर बनाते हैं।

की सक्रियता के कारण होती है। सामान्यतः लगभग 15 दिनों के बाद तापमान कम होता है और कीट और कृमि जैविक पदार्थ को तोड़ने लगते हैं। इस मुक़ाम पर ह्यूमस बनाने वाली कवक संख्यावृद्धि करने लगती हैं और विघटित वनस्पति पदार्थों से निकलने वाले सेल्यूलोज़ और लिग्निन से ह्यूमस निर्माण शुरू कर देती है। लगभग 8 सप्ताह में यह प्रक्रिया जैविक पदार्थ की सफाई और ह्यूमस बनाने की अपनी भूमिका को पूरा कर देती है (**चित्र-4 देखें**)।

गतिविधि-2 : ह्यूमस बनाना

ह्यूमस और कम्पोस्ट के बीच सम्बन्ध को समझने के लिए विद्यार्थियों को स्कूल परिसर के अन्दर उपरोक्त विधि से कम्पोस्ट बनाने के काम में शामिल करें। कम्पोस्ट गड्ढा स्थापित हो जाने के बाद, विद्यार्थियों से कहिए कि वे पहले दिन और फिर 1 सप्ताह बाद फिर से इसके रंग, गन्ध और जैविक पदार्थ बनने की जाँच करके रिकॉर्ड करें। कम्पोस्ट की पहली खेप तैयार होने तक (लगभग 6-8 सप्ताह) वे सप्ताह में दो बार इसकी जाँच करना जारी रख सकते हैं। इस खाद का उपयोग विद्यार्थियों द्वारा सब्ज़ी की छोटी क्यारी बनाने में किया जा सकता है। सूक्ष्मजीवी गतिविधि के बारे में जानने के लिए, विद्यार्थी ढेर या गड्ढे में एक छोटी-सी छड़ी घुसाकर तापमान नाप सकते हैं। तापमान को रोज़ाना नापकर इसका एक ग्राफ़ बनाया जा सकता है। इस ग्राफ़ की मदद से सूक्ष्मजैविक गतिविधि की प्रकृति और वनस्पति और अन्य जैविक पदार्थों से खाद के निर्माण के साथ उसके सम्बन्धों पर चर्चा की जा सकती है। इसका उपयोग यह पता लगाने के लिए भी किया जा सकता है कि कम्पोस्ट का उत्पादन सूक्ष्मजीवों और उसके बाद कीटों और कृमियों द्वारा किस प्रकार होता है।

इस गतिविधि पर चिन्तन से एक और सवाल पैदा हो सकता है – क्यों न पशु के गोबर या मानव अपशिष्ट को मिट्टी में सीधे डालकर ह्यूमस उत्पादन किया जाए? खेत में कम्पोस्ट डालना अधिक प्रभावी क्यों है? हालाँकि ऐसा किया जा सकता है लेकिन कम्पोस्ट बनाने की क्रिया से जैविक पदार्थों की बराबर मात्रा से ज़्यादा मात्रा में ह्यूमस पैदा होता है। उदाहरण के लिए, 1 हेक्टेयर भूमि पर 30 टन गोबर फैलाया जाए तो 3 टन ह्यूमस पैदा होगा लेकिन उसी 30 टन से कम्पोस्ट बनाया जाए तो लगभग 10 टन कम्पोस्ट का उत्पादन हो सकता है जिसमें 5 से 6 टन ह्यूमस होता है। इसके अलावा, कम्पोस्टिंग के दौरान जैविक पदार्थों का पाश्चुरीकरण होता है जिससे जानवरों के गोबर या खेत के कचरे के साथ किसी भी रोगजनक के फैलने की सम्भावना कम हो जाती है।

मिट्टी : जीवविज्ञान से आगे

जैसा कि स्पष्ट है, मिट्टी के बारे में सीखते-सीखते विद्यार्थी कई अन्य कौशल विकसित करते हैं और तराशते हैं : अवलोकन, इन्द्रियों के माध्यम से सीखना, अवलोकनों का व्यवस्थित तरीक़े से रखरखाव और इनके आधार पर किसी नतीज़े पर पहुँचना। इस प्रकार मिट्टी अन्तरविषयी अध्ययन के लिए एक हरफ़नमौला माध्यम प्रदान करती है।

मिट्टी की खोजबीन का उपयोग पारिस्थितिकी के सूक्ष्म एवं स्थूल परिप्रेक्ष्य को समझने के लिए किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, विद्यार्थी सूक्ष्मजीवों की हरफ़नमौला प्रकृति के बारे में सीखते हैं। एक ओर दही, ब्रेड, इडली, टोफ़ू, टेम्पे आदि बनाने में पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाने में तथा दूसरी ओर रोगकारकों के रूप में उनकी भूमिका। स्पेक्ट्रम के दूसरे छोर पर वे कार्बन के स्थिरीकरण के सन्दर्भ में ह्यूमस और इसके महत्त्व के बारे में भी सीखते हैं – एक ऐसा कार्य जो जलवायु परिवर्तन को कम करने की दृष्टि से महत्त्वपूर्ण है। इसी तरह मिट्टी के बारे में सीखना पोषक तत्वों के चक्रीकरण, खनिजीकरण और जैविक या रसायन मुक्त खेती के विचारों से परिचय कराने में उपयोगी है। पृष्ठ तनाव के सिद्धान्त, पानी के अणुओं का मिट्टी के कणों से बन्धन, कणों के बीच के स्थानों और केशिका प्रभाव पर भी चर्चा की जा सकती है और इसे भौतिकी और रसायनविज्ञान की समझ बढ़ाने में उपयोग लाया जा सकता है।

इस प्रकार मिट्टी का उपयोग सामाजिक अध्ययन, विज्ञान, गणित, भाषाओं (कविता और निबन्धों) और इतिहास (वास्तुकला, भोजन, मिट्टी के बर्तनों में मिट्टी का उपयोग) के माध्यम से माध्यमिक विद्यालयों में एक थीम-आधारित अध्ययन हेतु किया जा सकता है। मिट्टी को जीवन्त बनाने के लिए थोड़ी-सी कल्पनाशीलता की ज़रूरत है, बस।

Note:

1. These activities were part of a module titled ‘Soil’s Health is Your Health’ that was tested and used in a Government school and private rural school in Andhra Pradesh. Readers interested in accessing the entire module may contact the author for a copy.
2. Credits for the image used in the background of the article title: Soil photo. Pixabay, Pexels. URL: https://www.pexels.com/photo/grey-small-mushroom-on-brown-soil-68732/. License: CC0.

References

1. Radha Gopalan. Soil’s Health is Your Health.
2. Waksman, S.A. Humus, Origin, Chemical Composition and Importance in Nature. The Williams and Wilkins Company, USA. 1936
3. Howard, A. 1940. An Agricultural Testament. First published in London, in 1940. First Indian edition published in 1996 by the Other India Press.

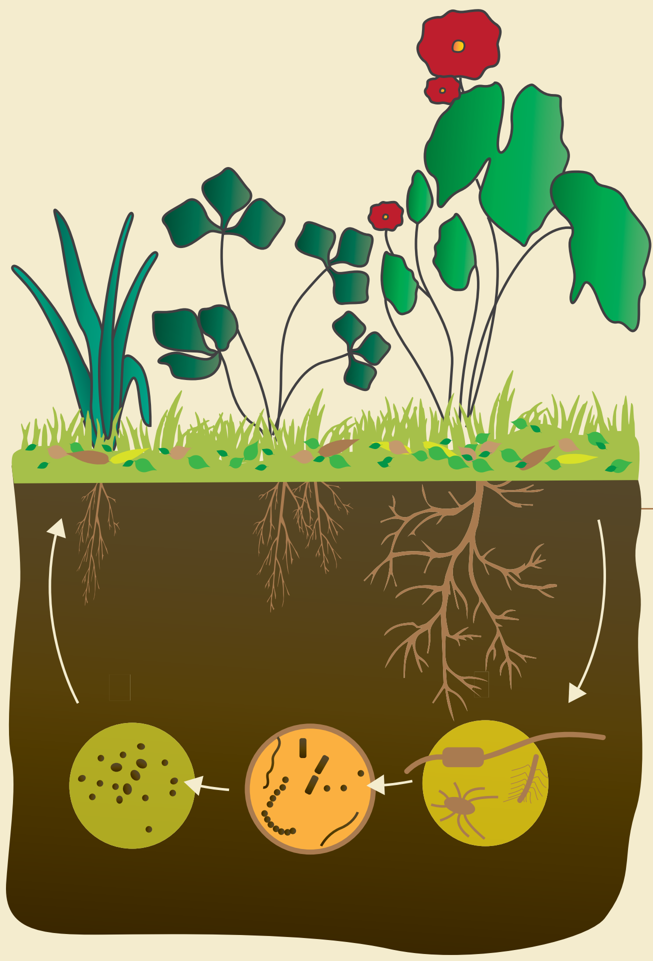
राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मुम्बई से पीएचडी प्राप्त की है। 18 वर्षों तक एक पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में विज़िटिंग फ़ैकल्टी है और फ़ूड सोवेरन्टी एलाएंस, इंडिया की सदस्य हैं।

अनुवाद : किशोर पंवार **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

— राधा गोपालन

मृदा–सूक्ष्मजीव क्यों अनिवार्य हैं?



Credits: Image adapted from Ecology 2e, Figutre 21.6. Copyrighted by Sinauer Associates, Inc. URL: https://www.colorado.edu/eeb/courses/2040bowman/EBIO2040/Syllabus_files/Ecology2e-Fig-21-06-0.jpg

मिलिए मिट्टी में उपस्थित कुछ सूक्ष्मजीवों से

(क) **बैक्टीरिया** मिट्टी में सबसे प्रचुर मात्रा में पाए जाने वाले सूक्ष्मजीव हैं। वे असाधारण जैव-रासायनिक विविधता दर्शाते हैं, कार्बनिक पदार्थों को विघटित करते हैं और पौधों की जड़ों की कोशिकाओं के साथ सहजीवी सम्बन्ध बनाकर पौधों को कई आवश्यक पोषक तत्व उपलब्ध कराते हैं।

(ख) **कवक (फफूँद)** मिट्टी के सूक्ष्मजीवी जैव पदार्थ में से दो-तिहाई होती हैं और विविध कार्य करती हैं। ये एकमात्र ऐसे जीव हैं, जो पौधों की कोशिका भित्ति में उपस्थित लिग्निन का विघटन कर सकते हैं। चूँकि लिग्निन मिट्टी में ह्यूमस का मुख्य स्रोत है, इसलिए लिग्निन का विघटन ह्यूमस निर्माण का पहला क़दम होता है। पौधों पर कवकनाशियों के छिड़काव से सूक्ष्मजीवों का बहुत महत्त्वपूर्ण वर्ग नष्ट हो जाता है, जिससे ह्यूमस का निर्माण रुक जाता है।

(ग) **तन्तुमय बैक्टीरिया** बैक्टीरिया के समान कई जैव रसायन अभिक्रियाओं को सम्भव बनाते हैं। लेकिन संरचना में तन्तुमय होते हैं और कवक की तरह अन्य जीवाणुओं पर अंकुश रखने के लिए प्रतिजैविक पदार्थों (एंटीबायोटिक्स) का स्राव कर सकते हैं। ये न केवल कार्बनिक पदार्थों का खनिजीकरण करते हैं, बल्कि कुछ तन्तुमय बैक्टीरिया कुछ झाड़ियों और पेड़ों के साथ सहजीवी सम्बन्ध भी बनाते हैं और नाइट्रोजन के स्थिरीकरण में मदद करते हैं।

(घ) **शैवाल** मिट्टी की सतह पर ही पनपते हैं क्योंकि उन्हें प्रकाश-संश्लेषण के लिए सूर्य के प्रकाश की आवश्यकता होती है। जब मिट्टी नम होती है तब ये सबसे अधिक सक्रिय होते हैं। शैवाल कार्बनिक पदार्थों को उपलब्ध करवाने और नाइट्रोजन के स्थिरीकरण में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

क्या आप जानते हैं कि प्रति ग्राम बढ़िया उपजाऊ मिट्टी में एक अरब जीवित सूक्ष्मजीवों हो सकते हैं?

यह आश्चर्य लग सकता है लेकिन यही सूक्ष्मजीव हैं जो कार्बनिक पदार्थों का मिट्टी और समूची प्रकृति में पुनर्चक्रण करते हैं। ऐसा करते हुए वे खनिज और जीवजगत के बीच की खाई को पाटने का अपरिहार्य कार्य करते हैं।

अगर वह मिट्टी से गायब हो गए तो क्या होगा?

इनके बिना पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक प्राकृतिक रूप से उपलब्ध अधिकांश तत्व निर्जीव पादप व जन्तु अवशेषों में ही जमा रह जाएँगे। वास्तव में, यदि सूक्ष्मजीवों का अस्तित्व ही नहीं होता तो हम जिस तरह के जीवन को जानते/ देखते हैं वह जीवन बहुत पहले ही हमारे ग्रह से ग़ायब हो गया होता।

क्या इसका मतलब यह है कि क्या मिट्टी की सेहत को उसमें उपस्थित सूक्ष्मजीवों के आधार पर व्यक्त करते हैं?

नहीं। अधिकांश लोग (वैज्ञानिकों और कृषि वैज्ञानिकों सहित) मिट्टी की गुणवत्ता का आकलन इस आधार पर करना पसन्द करते हैं कि वह किस तरह की फ़सलों और पशुधन को सहारा दे सकती है। इसका कारण यह है कि फ़सलों और पशुधन को सम्हालना, उनकी देख-रेख करना एवं उपज और उत्पादकता के माध्यम से मिट्टी की उर्वरता को मापना आसान होता है। ऐसा कभी-कभार ही होता है कि हम उन सूक्ष्मजीवों के बारे में सोचते हैं जो हमारी सम्पूर्ण कृषि प्रणाली का आधार हैं।

यह मिट्टी के प्रति हमारे नज़रिए में कैसे बदलाव लाता है?

सूक्ष्मजीवों की भूमिका पर समझ बनने के बाद हम मिट्टी को एक जीवित किण्वन प्रक्रिया-स्थल के रूप में देखने लगते हैं। हम इस बात को भी सराहने लगते हैं कि क्यों विशुद्ध रूप से रासायनिक खेती से, पौधों के सन्तुलित पोषण या कृषि भूमि का टिकाऊपन सुनिश्चित नहीं किया जा सकता।

Poster Design: Vidya Kamalesh

राधा गोपालन एक पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। आईआईटी मुम्बई से पीएचडी हैं। 18 वर्ष तक बतौर पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद उन्होंने ऋषि वेली में पर्यावरण विज्ञान का अध्यापन किया। वे अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय के स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट में विज़िटिंग फ़ैकल्टी हैं तथा फ़ूड सोवेरिंटी एलाएन्स, इंडिया (खाद्य सम्प्रभुता गठबन्धन) की सदस्य हैं।

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

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है
ह्यूमस की खोज–I

मिट्टी का नमूना एकत्र करने के लिए एक जगह चुनो – आपका खेल का मैदान, स्कूल का बग़ीचा, पेड़ के नीचे, स्कूल के गेट से बाहर। कुछ मिनट के लिए इसका अवलोकन करो।

1. अपने हाथ या खुरपी से अपने स्कूल के अन्दर और आस-पास से मिट्टी का एक नमूना एकत्र करो। प्रत्येक नमूने को एक साफ़ बर्तन में या एक ज़िप लॉक थैली में रखकर बन्द कर दो।
2. संक्षिप्त विवरण वाले स्थान में उन निर्जीव और सजीव घटकों को दर्ज करो, जिनके बारे में आप सोचते हैं कि वे मिट्टी के नमूने के गुणों को प्रभावित कर सकते हैं। उदाहरण के लिए :
   - नमूने की जगह गीली है या सूखी? क्या मिट्टी का नमूना छूने पर नम लगता है या यह रेतीला महसूस होता है? क्या आपको गीली मिट्टी की गन्ध आ रही है?
   - क्या वह स्थान बंजर है? यदि नहीं तो आपको वहाँ किस प्रकार की वनस्पति नज़र आती है (जैसे घास, छोटे पौधे आदि)? क्या वनस्पति मुख्य रूप से पेड़ों के रूप में है या अन्य कोई पौधे भी हैं? क्या वनस्पति घनी है या आपको वहाँ मिट्टी के कई खाली स्थान दिखाई दे रहे हैं? क्या वहाँ ज़मीन पर पत्ती का कूड़ा है? क्या आपने पत्ती-कूड़े के नीचे से मिट्टी का नमूना एकत्र किया? आदि।
   - क्या उस स्थान पर कोई जन्तु या पक्षी है? क्या आपको केंचुए, चींटियाँ या घोंघे नज़र आए?

आपको चाहिए

खुरपी

ज़िप लॉक थैली

पेंसिल

तालिका-1
जगह का कोड :
तारीख़ :
समय :
संक्षिप्त विवरण :

राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मुम्बई से पीएचडी प्राप्त की है। 18 वर्षों तक एक पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में विज़िटिंग फ़ैकल्टी है और फूड सोवेरन्टी एलाएंस, इंडिया की सदस्य हैं।

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

शिक्षण : मानो कि धरती मायने रखती है

ह्यूमस की खोज-II

मिट्टी के प्रत्येक नमूने को खोलो। इसे छूकर और सूँघकर कुछ मिनट तक इसका परीक्षण करो।

तालिका-2

गुण	नमूना 1	नमूना 2	नमूना n
रंग			
कण-गठन (ढीली-ढाली या सख़्त, सूखी या नम)			
गन्ध			
जल धारण क्षमता*			
मूलरोम, कवक-तन्तु वग़ैरह की उपस्थिति			
कीट कृमि आदि की उपस्थिति			
अन्य कोई अवलोकन			

*मिट्टी के नमूने की जल धारण क्षमता का पता लगाने के लिए एक प्लेट पर मिट्टी के नमूने की कुछ मात्रा रखो। इसमें पानी की कुछ बूँदें डालो और 5 मिनट के लिए छोड़ दो। नमूने की सतह पर देखो कि पानी का क्या हुआ और अपने अवलोकन दर्ज करो। उदाहरण के लिए क्या मिट्टी के नमूने की सतह पर पानी बना हुआ है या प्लेट की तली पर पहुँच गया है? या पानी न तो सतह पर है और न ही प्लेट की तली पर।

राधा गोपालन पर्यावरण वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मुम्बई से पीएचडी प्राप्त की है। 18 वर्षों तक एक पर्यावरण सलाहकार के रूप में काम करने के बाद, राधा ने ऋषि वैली स्कूल में पर्यावरण विज्ञान पढ़ाया। वे स्कूल ऑफ़ डेवलपमेंट, अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय में विज़िटिंग फ़ैकल्टी है और फूड सोवेरन्टी एलाएंस, इंडिया की सदस्य हैं।

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

खोजबीन

शव पारिस्थितिकी तंत्र

गीता अय्यर

शव पारिस्थितिकी तंत्र के रूप में? यह कोई मज़ाक नहीं है! मानव शवों के बारे में मत सोचिए, अपघटन के बारे में सोचिए। जब जंगली भैंसे, साँभर, जिराफ़ या ज़ेबरा जैसा कोई बड़ा जीव जंगल में मर जाता है या कोई चौपाया सड़क पर मर जाता है, तो उसका शव (मृत शरीर) एक पारिस्थितिकी तंत्र बन जाता है। ये एक नई भोजन शृंखला और भोजन जाल के प्रारम्भिक बिन्दु हैं किन्तु कुछ अन्तर के साथ। अपघटन की प्रक्रिया इस पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखती है।

ज़मीन पर इसकी कल्पना करना आसान है मगर समुद्र में क्या होता होगा? समुद्र में मृत शरीरों के अपघटन की प्रक्रिया का एक विशेष नाम है – व्हेल फॉल। जब व्हेल मरती हैं तब वे या तो बहकर किनारे पर पहुँच जाती हैं या समुद्र के तल में डूब जाती हैं। जब दूसरी वाली स्थिति बनती है तब अकशेरुकी प्राणियों और सूक्ष्म जीवों के समुदाय (जो समुद्र सतह से 300 से 900 मीटर नीचे रहते हैं) के लिए यह एक महाभोज होता है।

हैग फ़िश, स्लीपर शार्क, रेटैल फ़िश और एम्फीपोड्स जैसे अपमार्जक (सफ़ाई करने वाले) वे सबसे पहले जीव होते हैं जो शव के माँस वाले भाग को खाते हैं। ये व्हेल के शव की माँसपेशियों, आन्तरिक अंगों और वसा को खा जाते हैं और केवल कंकाल शेष छोड़ जाते हैं।

क्या यह अन्य जीवों को भोजन उपलब्ध करवाने की क्षमता के समापन का संकेत है? नहीं! डॉक्टर क्रैग स्मिथ के नेतृत्व में समुद्री जीव वैज्ञानिकों ने पाया कि आयु के अनुसार व्हेल की हड्डियों में लगभग 2 से 24 मीट्रिक टन तेल होता है। यह तमाम पॉलीकीट कृमियों, मौलस्क और असामान्य क्रस्टेशियंस के लिए ऊर्जा का स्वादिष्ट स्रोत है। ये प्राणी व्हेल के अस्थि अवशेषों पर टूट पड़ते हैं।

इनमें से अस्थि-भक्षक कृमि प्रदर्शन का नेतृत्व करते हैं, जबकि अन्य जीव व्हेल के कंकाल के आस-पास की तलछट को अपना भोजन बनाते हैं। ओसेडैक्स या अस्थि-भक्षक कृमि के पास न मुँह होता है, न आमाशय या आँत, न आँखें और पैर। यदि इतना ही पर्याप्त असामान्य नहीं है, तो आगे देखें कि इसका बहुत-ही छोटा आशिक़ नर, मादा के अन्दर ही निवास करता है। दूसरी ओर, मादाओं में बहुत ही सुन्दर लाल पंख और जड़ जैसे उपांग होते हैं। ये उपांग वसा का पाचन करने वाले कई सहजीवी जीवाणुओं को आश्रय देते हैं। जब एक मादा अस्थि-कृमि व्हेल के अपघटित हो रहे कंकाल अवशेषों के सम्पर्क में आती है तो वह अपने उपांगों की मदद से अस्थियों में छेद करके मज्जा तक पहुँच जाती है। एक बार मज्जा में पहुँच जाने पर सहजीवी जीवाणु वसा का अपघटन कर देते हैं और ऊर्जा मुक्त करते हैं, जिसका उपयोग कृमि कर लेते हैं। व्हेल के आकार के अनुसार यह प्रक्रिया कम-से-कम 2 वर्ष तक का समय ले सकती है।

अस्थि-भक्षक कृमियों के कुछ उदाहरण

(क) अधिकांश मादा अस्थि-कृमियों में लम्बे सुन्दर "संस्पर्शक" अंग होते हैं जो सागर तरंगों में लहराते रहते हैं।

(ख) अभी तक नामकरण नहीं किए गए ओसेडैक्स वंश के अस्थि-कृमि प्रजाति की मादा, जिसे सावधानीपूर्वक व्हेल की अस्थी से निकाला गया है।

Credits: Greg Rouse, Scripps Institution of Oceanography, UCSD, USA. URL: http://www.mbari.org/. License: Copyrighted (used with permission).

रसायन स्वयंपोषी व्हेल फॉल समुदाय

जीवाणुओं की चटाई, तलछट में वेसिकोमिड क्लैम्स, (गैलेथीड) केंकड़े, पोलीनाइड और अन्य अकशेरुकी प्राणी

Credits: Craig Smith, University of Hawaii. URL: http://oceanexplorer.noaa.gov/. License: Copyrighted (used with permission).

WATCH bone-eating worms in action in this video from the Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI), CA, USA – https://www.youtube.com/watch?v=URi8KccVkks

ओसेडैक्स द्वारा किए गए छेद जीवाणुओं के कारवाँ के लिए खुले दरवाज़ों का काम करते हैं जिनसे होकर वे इन अवशेषों में जाते हैं। पहले प्रवेश करने वाले जीवाणु अनॉक्सी होते हैं। इनका अनुसरण करते हुए रसायन संश्लेषी गन्धक अनुरागी जीवाणुओं की पीली चादर बिछ जाती है जो व्हेल के अस्थि अवशेषों को ढँक लेती है। लगभग 200 विभिन्न गन्धक अनुरागी जीवाणु प्रजातियाँ पाई जाती हैं जो व्हेल की हड्डियों से अपना भोजन प्राप्त करती हैं। मोंटेरे बे एक्वेरियम शोध संस्थान के समुद्री जीव वैज्ञानिक बताते हैं कि अन्तिम चरण का व्हेल फॉल समुदाय असाधारण रूप से विविधता पूर्ण होता है, जिसमें नंगी आँखों से दिखाई देने वाले 190 से भी अधिक विभिन्न समुदायों की प्रजातियाँ होती हैं जो एक शव से अपना भोजन प्राप्त करती हैं। इनमें से कई प्रजातियाँ न सिर्फ़ व्हेल फॉल के लिए अनोखी हैं, बल्कि वे अपमार्जक जीवों के साथ मिलकर लगातार नए-नए पारिस्थितिक शरणगाहों का निर्माण भी करती रहती हैं, ये अपमार्जक जीव उनका शिकार करते हैं या उनके साथ सहजीवी सम्बन्ध बनाते हैं। और-तो-और, इनमें से कुछ समुदाय लम्बे समय तक बने रहते हैं – 50 वर्षों तक।

Poster Design: Vidya Kamalesh

i wonder...
Rediscovering school science

गीता अय्यर एक लेखिका और स्वतंत्र सलाहकार हैं जो शिक्षा और पर्यावरण के जुड़वाँ क्षेत्रों में कार्यरत हैं। उन्होंने शिक्षा, पर्यावरण और प्राकृतिक इतिहास के विषयों पर विस्तृत लेखन किया है।
गीता से brownfishowl@yahoo.co.uk पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : भोलेश्वर दुबे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

Azim Premji University

कला के माध्यम से जीवविज्ञान की खोजबीन : कक्षा से प्राप्त कुछ विचार

कौस्तुभ राव

क्या जीवविज्ञान शिक्षण पद्धतियाँ "विज्ञान" के रूप में इसके उद्भव से ही तय होती हैं और वही इनकी सीमाएँ भी तय करती है? या क्या किसी ऐसे दृष्टिकोण से विद्यार्थी बेहतर सीख पाएँगे जो शिक्षण प्रक्रिया में कला को समाहित करे? लेखक अपनी कक्षा के कुछ उदाहरणों के माध्यम से इस प्रश्न का उत्तर देने का प्रयास कर रहे हैं।

विज्ञान के बारे में हमारी आधुनिक समझ है कि यह तर्कसंगत, वस्तुनिष्ठ, अवलोकन आधारित उद्यम है। इसके विपरीत कला को सम्पूर्ण रूप से व्यक्तिपरक आत्माभिव्यक्ति का साधन समझा जाता है, जिसका दृष्टिकोण पूरी तरह विज्ञान से भिन्न है। अलबत्ता, यह भेद हमेशा इतना सख़्त नहीं रहा है। ऐतिहासिक रूप से कई कलाकारों ने वैज्ञानिक दृष्टिकोण का उपयोग परिप्रेक्ष्य, प्रकाश और स्वरूप को समझने में किया; और कई वैज्ञानिकों ने प्राकृतिक परिघटनाओं के दस्तावेज़ीकरण में कला का उपयोग कर स्वयं को उम्दा कलाकार के रूप में प्रस्तुत किया है।

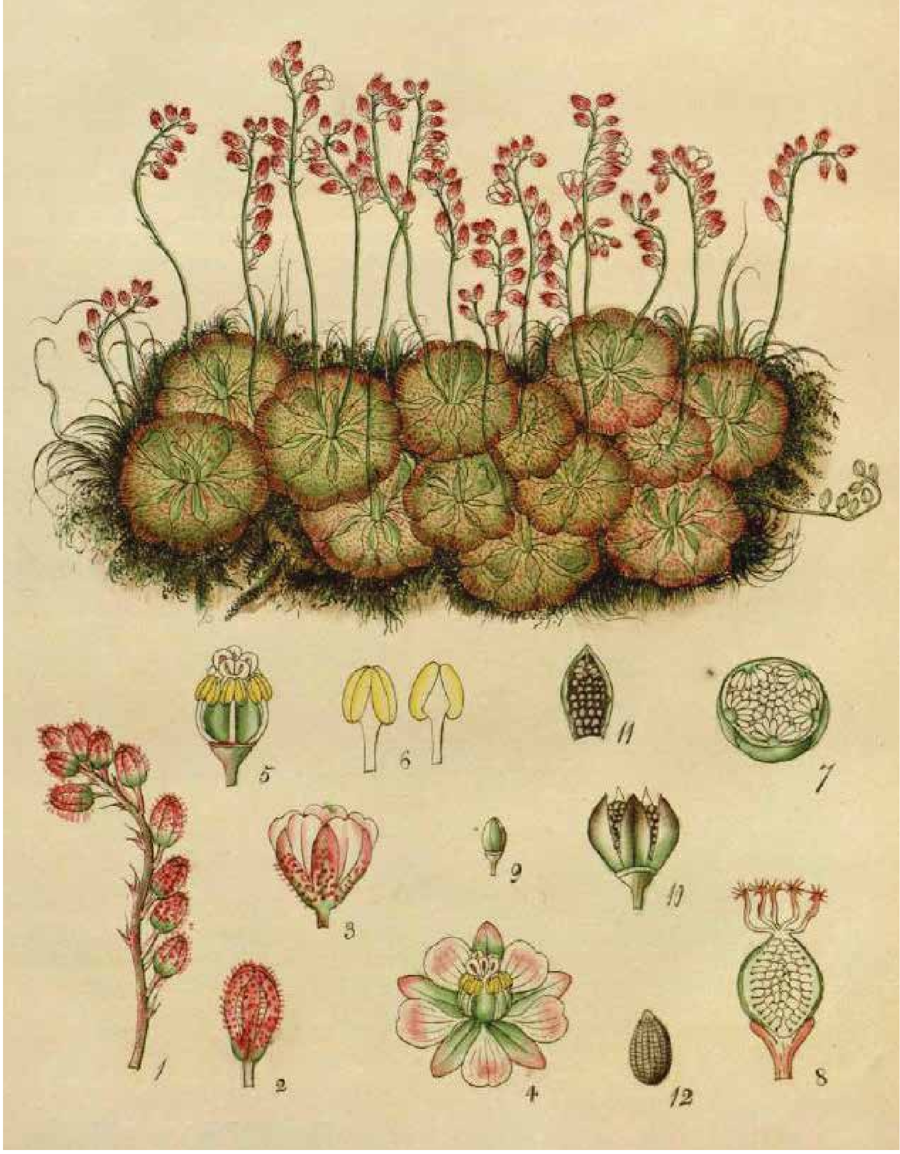
ऐतिहासिक कड़ियाँ

ख़ासतौर पर जीवविज्ञान कला के रूप में प्रस्तुतीकरण के लिए उपयुक्त रहा है और कलाकार सैकड़ों सालों से प्राकृतिक इतिहास को दर्ज करते रहे हैं। उदाहरण के लिए मुग़ल साम्राज्य के दरबारी कलाकार अपने चित्रों में वनस्पतियों और जन्तुओं के सटीक चित्रण के लिए प्रसिद्ध हैं। इनमें से सबसे प्रसिद्ध हैं कलाकार उस्ताद मंसूर द्वारा बनाया गया मॉरीशस के डोडो पक्षी का चित्र। यह 1625 में सम्राट जहाँगीर के दरबार में लाए गए दो जीवित पक्षियों में से एक पर आधारित है (**देखें चित्र-1**)। यह तस्वीर एक प्रतिनिधि तस्वीर मानी गई और इसी को आधार बनाकर बाद में डोडो के सभी चित्र बनाए गए। अतः इसका महत्त्व इसके कलात्मक मूल्य से भी अधिक हो गया। इस एक ही चित्र में डोडो के साथ पक्षियों की चार और प्रजातियाँ दिखाई गई हैं – नीली कलगी वाला झूलता तोता (ऊपर बाएँ), पश्चिमी ट्रेगोपान (ऊपर दाएँ), बार हेडेड गूज़ (नीचे बाएँ) और पेंटेड सेंड ग्राउस (नीचे दाएँ)। ये सब भी इतनी सटीकता से बनाए गए हैं कि आसानी से पहचाने जा सकते हैं।

औपनिवेशिक भारत में ख़ासकर ब्रिटिश मूल के कई प्रकृतिविदों ने इस देश के कोने-कोने की यात्राएँ कीं और बहुत परिश्रमपूर्वक हमारी जीव वैज्ञानिक विरासत का संग्रहण (और नामकरण) किया। अँग्रेज़ दस्तावेज़ीकरण में भी उत्कृष्ट थे और वे अपने पीछे भारतीय प्राकृतिक इतिहास पर पुस्तकों के रूप में एक समृद्ध विरासत छोड़कर गए हैं, जिनका उपयोग आज भी विशेषज्ञों और शौक़िया जीव वैज्ञानिकों द्वारा सन्दर्भ के रूप में किया जाता है। इनमें से सबसे प्रसिद्ध है रॉबर्ट वाइट का Icones Plantarum Indiae Orientalis जो भारतीय पौधों पर छह खण्ड का ग्रन्थ है। वाइट ने कई स्थानीय कलाकारों से काम करवाया। उनमें से ‘रंगइया और गोविन्दु’ (मूल ग्रन्थ में यही है) सर्वाधिक जाने गए जिनकी पौधों के जीवन्त चित्रांकन की क्षमता का प्रमाण

चित्र-1 : मुग़ल कलाकार उस्ताद मंसूर द्वारा बनाया गया चित्र लगभग 1625 से।

Credits: By Ustad Mansur - Hermitage, St. Petersburg (http://julianhume.co.uk/wp-content/uploads/2010/07/History-of-the-dodo-Hume.pdf, and an earlier version: http://www.natuurinformatie.nl/nnm.dossiers/natuurdatabase.nl/i005387.html), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3224929. License: Public Domain.



चित्र-2 : कलाकार रंगइया द्वारा ड्रोसेरा बर्मनी का चित्र *स्पेसिलेज़ियम नीलगेरेन्स* से।

Credits: Robert Wight (http://www.botanicus.org/item/31753002447933), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19375800. License: Public Domain.

वाइट की पुस्तक की रंगीन लिथोग्राफ़िक प्लेटों में मिलता है (**देखें चित्र-2**)। इस तरह के प्राकृतिक इतिहास का सम्भवतः शानदार उदाहरण अर्न्स्ट हैकल द्वारा कठिन परिश्रम से बनाई अपनी पुस्तक 'आर्ट फ़ॉर्म्स इन नेचर' में जीवों के (विशेष रूप से छोटे समुद्री जीवों के) चित्र हैं। प्रत्येक चित्र इस तरह बनाया गया है कि वह उसके कलात्मक प्रभाव को अधिकतम उभारे। इस पुस्तक ने अभियाँत्रिकी अभिकल्पना और वास्तुशास्त्र सहित विभिन्न क्षेत्रों को गहराई से प्रभावित किया है।

जीवविज्ञान की कक्षा में कला

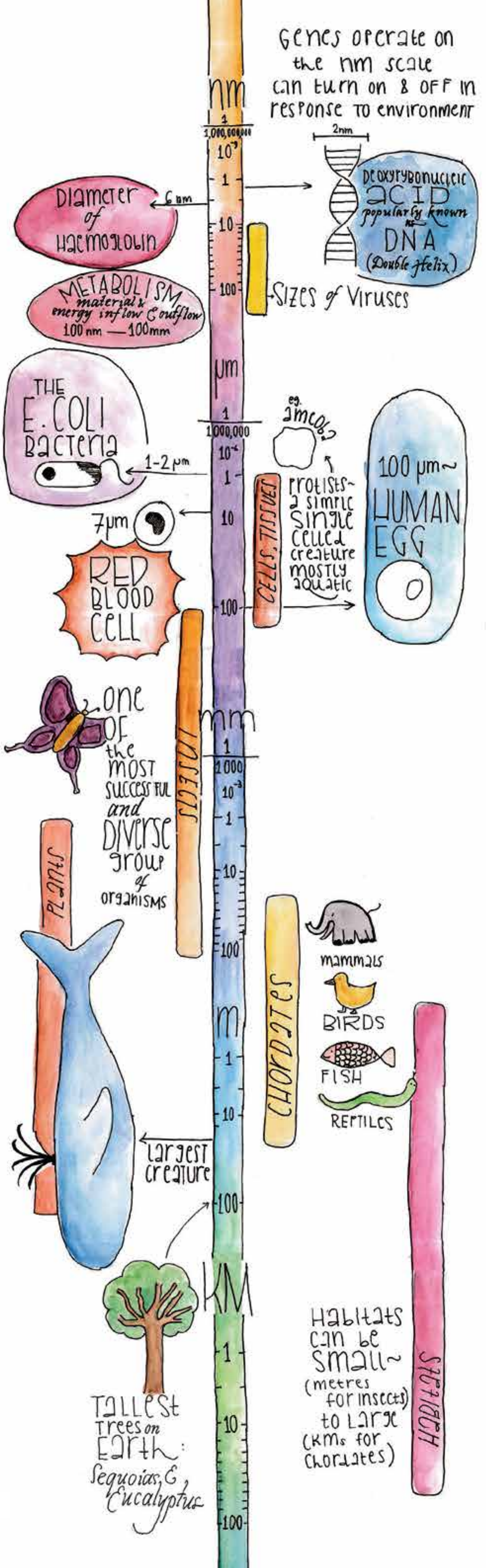
मैं हमेशा जीवविज्ञान के इन कलात्मक चित्रांकनों से मुग्ध रहा हूँ जो कला और विज्ञान के आदर्श सम्मिश्रण हैं। चाहे मुग़लकालीन चित्रों की बारीक रेखाएँ और रंग हों या 19वीं शताब्दी के वानस्पतिक चित्रों की असाधारण बारीकियाँ हों, ये कलाकृतियाँ इतने वर्षों बाद भी हमसे बातें करती हैं और अपने विषय को एक जीवन्त साँस लेती गुणवत्ता प्रदान करती हैं जो मात्र एक फोटोग्राफ़ नहीं कर सकता। यह रुचि मेरे कक्षा के कामकाज में भी छलकी और मैंने विद्यार्थियों को विभिन्न कक्षाओं में कला और जीवविज्ञान में सम्बन्ध दर्शाते पाया है।

पारम्परिक शिक्षण विधि कला और विज्ञान के बीच स्पष्ट भेद करती है। हम ऐसा मानने लगते हैं कि कला-कर्म के विपरीत विज्ञान सीखने के लिए सर्वथा भिन्न कौशलों की आवश्यकता होती है। अलबत्ता, कक्षा के कामकाज में कोई सख़्त विभाजन नहीं होता है और विद्यार्थी एक क्षेत्र में सीखी गई अवधारणाओं और कौशलों को दूसरे क्षेत्र में लागू करने के मामले में ज़्यादा लचीले होते हैं (यद्यपि जैसे-जैसे वे ऊँची कक्षाओं की ओर बढ़ते हैं यह लचीलापन कम होता प्रतीत होता है, शायद यह शिक्षकों द्वारा विषयगत-विभाजन पर बल देने का सीधा परिणाम है)। अपने स्वयं के कक्षा अनुभव के आधार पर अब मैं देख सकता हूँ कि कला और जीवविज्ञान के बीच की रेखाएँ तरल हैं और एक क्षेत्र में सीखना और अभ्यास दूसरे क्षेत्र को प्रभावित कर सकता है और समझने में वृद्धि कर सकता है। और-तो-और, सूक्ष्म अवलोकन या अलग-अलग जानकारियों का संश्लेषण करके एक सुसंगत चित्र विकसित करने की क्षमता जैसी चीज़ें दोनों क्षेत्रों में समान है।

इस लेख में मैंने कक्षा-8 की जीवविज्ञान कक्षा अध्यापन से उदाहरण (एक उदाहरण कक्षा-11 से) दिए हैं जहाँ कुछ वैज्ञानिक अवधारणाओं को कला के कार्य का रूप दिया गया है। मैंने इस विचार की भी पड़ताल की कि शायद ऐसी कलाकृतियाँ बनाते हुए बच्चों में सम्बन्धित अवधारणाओं की भी गहरी समझ विकसित हो सकती है।

पैमाने का विचार

कक्षा-8 के जीवविज्ञान की शुरुआत हम जैव वैज्ञानिक पैमाने देखने से करते हैं, ख़ासतौर पर आकार के सन्दर्भ में जिनमें कुछ क्रियाविधियाँ चलती हैं। जीवविज्ञान के विद्यार्थियों को अपनी किसी भी पाठ्यपुस्तक में इस पैमाने का तैयार संस्करण मिल सकता है।



चित्र-3 : जीवों की लम्बाई के पैमाने का चित्रण।

Credits: Tanmay Pandya and S. Sanjushree (ICSE 2018), Rishi Valley School.
License: CC-BY-NC.

अलबत्ता, इस सवाल ने मुझे हमेशा आकर्षित किया है कि क्या जीवविज्ञान का सार एक चित्र की मदद से सम्प्रेषित किया जा सकता है, जिसमें जीवों के अस्तित्व के विभिन्न पहलुओं को अलग-अलग पैमाने पर दर्शाया गया हो। इससे भी ज़्यादा रोचक तो यह होगा कि विद्यार्थियों को ऐसा चित्र बनाने में जोड़ा जाए और इसकी अपनी-अपनी कलात्मक व्याख्या करने दी जाए (**देखें चित्र-3**)।

हालाँकि ऐसे चित्र में मूलभूत घटकों के चित्रण के लिए शिक्षक का मार्गदर्शन आवश्यक होगा, किन्तु इसमें प्रत्येक विद्यार्थी की आकार की अपनी व्यक्तिगत संकल्पना के लिए भी इस अभ्यास में पर्याप्त गुंजाइश है। यह भी सम्भव है कि कक्षा-8 के विद्यार्थी ऐसे चित्रों में निरूपित कुछ प्रक्रियाओं (आनुवंशिकी, चयापचय, जैव विकास) के गहरे पक्षों को न समझ पाएँ। फिर भी, इन पर काम करते हुए वे इन वैज्ञानिक शब्दावलियों से परिचित हो जाते हैं और देख पाते हैं कि इन प्रक्रियाओं का प्रभाव किस रेंज में देखा जा सकता है। साथ ही यह अभ्यास जीवविज्ञान की उनकी मानसिक छवि में कुछ मानक आकार चिह्नक (दोहरी कुण्डली का व्यास, लाल रक्त कोशिकाओं का आकार, पृथ्वी पर सबसे लम्बा जीव आदि) तय करने में भी सहायक होता है।

जीव वैज्ञानिक वर्गीकरण का चित्रण

अन्य अवधारणा जो कला के माध्यम से जीवविज्ञान की खोज की रुचिकर सम्भावनाएँ उपलब्ध करवाती है, वह है जीवन का वर्गीकरण। जब कक्षा-8 के विद्यार्थियों के एक वर्ग के साथ इस विषय पर विचार-विमर्श किया जा रहा था तब मैंने इस तथ्य की ओर ध्यान दिलाया कि "जीवन वृक्ष" के बहुत सारे चित्रांकन हैं। लगा कि इसने विद्यार्थियों की कल्पना को जागृत कर दिया और वे अपने हिसाब से वृक्ष का चित्रण करना चाहते थे।

विद्यालय में एक बढ़िया कला विभाग होने से इस परियोजना में बहुत मदद मिली। जब मैंने जीवन वृक्ष की विभिन्न कलात्मक प्रस्तुतियों को खोज निकाला तब कला शिक्षक श्रीकुमारी जे. एल. ने विद्यार्थियों को स्वयं अपने चित्र बनाने में मदद की। उन्होंने इस परियोजना के लिए भित्ति (म्यूरल) चित्र के तरीक़े को चुना और उन्होंने विद्यार्थियों का इस पर कार्य करने के लिए विशेषज्ञता पूर्ण निर्देशन किया। साथ ही उन्होंने यह भी सुनिश्चित किया कि इसे पूर्ण करने तक ऊर्जा बनी रहे। पूर्ण कलाकृति मुख्य विद्यालय भवन की दीवार पर एक बड़े 4.5 मीटर × 2.5 मीटर के भित्ति चित्र के रूप में बनी (**देखें चित्र-4**)। हो सकता है कि कक्षा में हुई चर्चाओं ने इस परियोजना के लिए प्रारम्भिक चिंगारी प्रदान की, लेकिन यह जीवन्त तो विद्यार्थियों के मस्तिष्क में ही बना। विद्यार्थी न केवल इस परियोजना के लिए स्वेच्छा से आगे आए बल्कि उन्होंने कई सप्ताहान्त इस कार्य के लिए समर्पित किए।

एक शिक्षक के तौर पर भित्ति चित्र पर कार्यरत विद्यार्थियों की चर्चाओं को सुनना बहुत शिक्षाप्रद था। कक्षा में कई बार चर्चा हो चुकी थी कि कैसे 3.5 अरब से भी अधिक सालों पहले जीवाणुओं के एक समूह से पृथ्वी पर पूरा जीवन उत्पन्न हुआ है, लेकिन कई विद्यार्थियों ने वृक्ष की शाखाओं को बनाते समय ही वास्तव में “अहा” आनन्द क्षणों का अनुभव किया था।

विलुप्त प्रजातियों या जैव विकास की ‘बन्द गलियों’ के चित्रण के तरीक़ों पर चर्चा ने विद्यार्थियों को प्राकृतिक चयन के बलों की बेहतर समझ दी। इन्हें अन्ततः वृक्ष की शाखाओं से गिर चुकी पत्तियों के रूप में चित्रित किया गया। इस प्रकार की चर्चाओं ने विकास के बारे में और प्राथमिक रूप से इस तथ्य को अच्छी तरह समझने में मदद की कि यह ज़रूरी नहीं है कि यह हमेशा रैखीय हो और मानव को इसके शीर्ष पर रखा जाए।

हालाँकि इसने यह एक अद्भुत तस्वीर का रूप ले लिया लेकिन इस परियोजना ने मेरे सामने कई प्रश्न छोड़ दिए। ऐसे कार्य के लिए क्या सीखने का कोई विशिष्ट उद्देश्य होना चाहिए? क्या यह आवश्यक है कि यह एक कलाकृति के रूप में अस्तित्व के अलावा वैज्ञानिक जानकारी भी सम्प्रेषित करे? क्या ऐसी परियोजना में सीखना इस बात पर निर्भर करता है कि शिक्षक वैज्ञानिक तथ्यों (इस मामले में जैव विकास से सम्बन्धित) के साथ इसे आकार दें? या क्या इतना पर्याप्त है कि इसे करते हुए कुछ सीखने को मिलता है चाहे यह किसी ढाँचे से बँधा न हो? क्या यह ज़रूरी है कि इस परियोजना के अन्त में विद्यार्थियों को वर्गीकरण की बेहतर समझ हो जाए? या क्या यह पर्याप्त है कि वे एक सुन्दर कलाकृति बनाएँ, जिसकी सबके द्वारा

चित्र-4 : जब विद्यार्थी कक्षा-8 (2015-16) में थे तब चित्रित जीवन का वृक्ष भित्ति चित्र।

Credits: K. Natarajan. License: CC-BY-NC

प्रशंसा हो और शायद यह अन्य विद्यार्थियों और शिक्षकों को प्रेरित करेगी?

शायद यह निष्कर्ष निकालना बेहतर है कि इस प्रकार की परियोजना का विद्यार्थियों के मस्तिष्क पर होने वाले प्रभाव के बारे में कुछ कहना जल्दबाज़ी होगी। हालाँकि हम उम्मीद कर सकते हैं कि यह विद्यार्थियों को पृथ्वी पर जीवन के बारे में इस बुनियादी विचार को समझने के एक समृद्ध तरीक़े की याद दिलाएगा, जिसका वे अपने जीवन में आगे भी निरन्तर उपयोग कर पाएँगे जब वे इस पर विचार पर बार-बार लौटेंगे।

प्रकृति का अभिलेखन

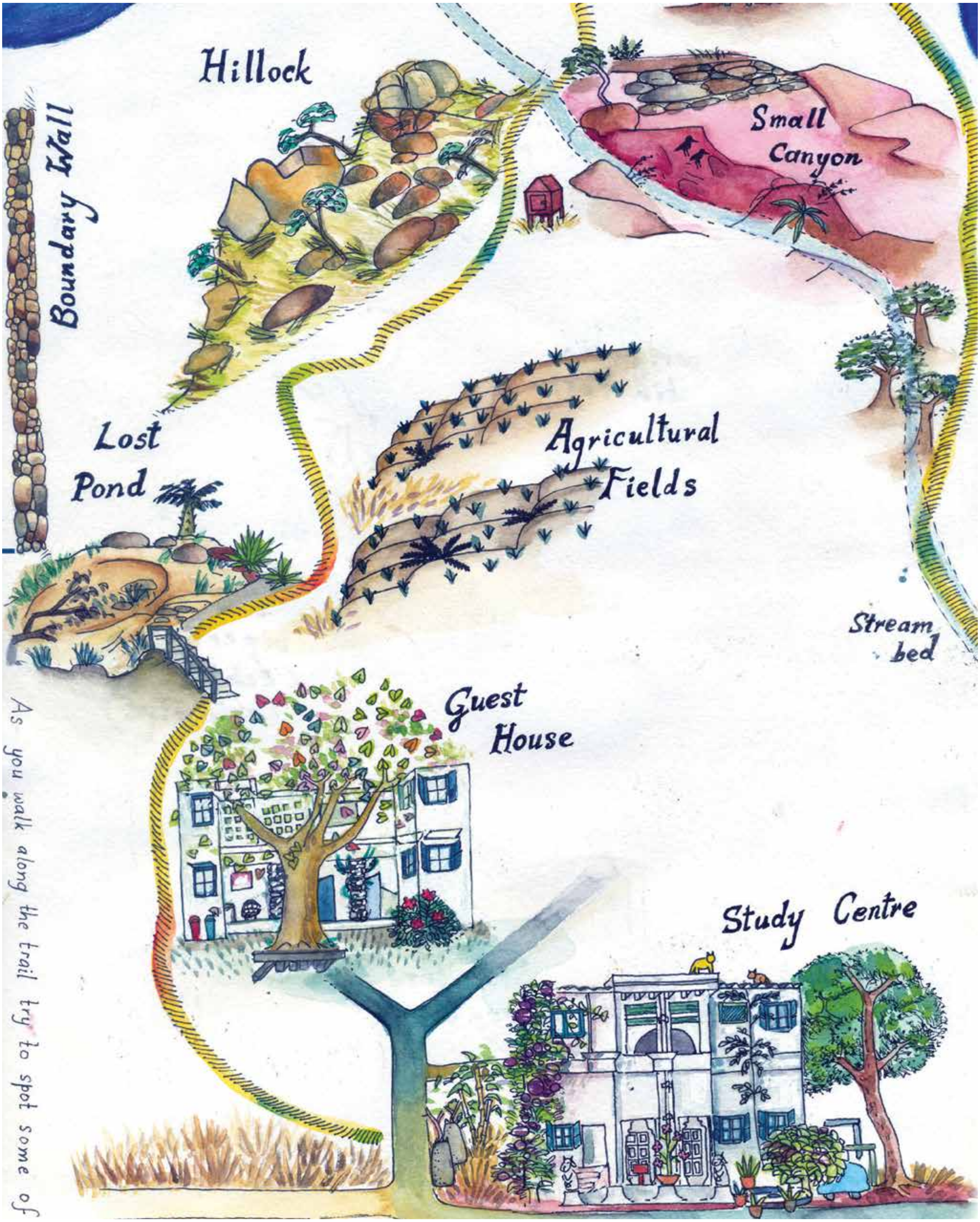
जीव वैज्ञानिक कला कई छोटे-बड़े क्षेत्रों में उत्पन्न होती प्रतीत होती है, तब भी जब विद्यार्थी जान-बूझकर इस को निर्मित न कर रहे हों। जीवविज्ञान की किसी अवधारणा या परिघटना को दर्ज करने के विशिष्ट उद्देश्य से बनाए गए चित्र के भी कलात्मक सह-उत्पाद हो सकते हैं।

विद्यालय और उसके आस-पास का अभिलेखन परिभ्रमण ऐसा ही एक क्षेत्र था जहाँ कक्षा के सभी विद्यार्थी अपनी रचनात्मकता का प्रदर्शन कर पाए हैं। ऐसे परिभ्रमण आजकल कई स्कूलों में आम बात हैं और इनका मुख्य उद्देश्य विद्यार्थियों में अवलोकन कौशल विकसित करना और स्वयं को अपने परिसर की जैव विविधता से परिचित करवाना है। विद्यार्थियों को प्रोत्साहित किया जाता है कि वे परिभ्रमण के दौरान किए गए अवलोकन को दर्ज करें और कभी-कभी यह बताने के लिए चित्रों का उपयोग करें कि उन्होंने किन स्थानों का अन्वेषण किया। यह ख़ासतौर पर सुखद है, क्योंकि विद्यार्थी बड़े उत्साह के साथ इस गतिविधि में जुड़ते हैं और अवलोकनों को दर्ज करने में ख़ूब ऊर्जा लगाते हैं। वास्तव में यह गतिविधि उनको इतना तल्लीन रख सकती है कि कक्षा के सभी विद्यार्थी पूरे एक घण्टे के कक्षा समय में शान्तिपूर्वक अभिलेख प्रविष्टि का काम कर सकते हैं। इस गतिविधि में गहन अवलोकन के कारण चिन्तन प्रक्रिया का धीमे हो जाना स्वाभाविक है। विद्यार्थी प्रक्रियाओं और बारीकियों के प्रति सजग हो जाते हैं (कीटों के निर्मोक यानी छोड़े हुए आवरण, चट्टानों का विन्यास, जन्तु प्रचालन के चिह्न आदि) जिनसे अन्यथा उनका ध्यान चूक जाता या अनदेखा कर दिया जाता। इस पर केन्द्रित करना उन्हें "खुली छूट" देता प्रतीत होता है और अपने अवलोकनों को दर्ज करना, कभी-कभी कलाकृति के रूप में सामने आता है।

मैंने अभिलेखन का उपयोग कई तरीक़ों से किया है। उदाहरण के लिए यह एक चुनौती का हिस्सा था जिसका मैंने अपने विद्यार्थियों को अवकाश के दौरान परीक्षण करने को कहा था। उनसे कहा गया था कि वे 1 माह तक प्रतिदिन एक ही क्षेत्र को 5 मिनट तक देखें और उसके बाद अपने अवलोकन दर्ज करें। इस अवधि के अन्त में उनको स्वयं यह तय करना था कि क्या एक ही क्षेत्र के दैनिक अवलोकन ने उन्हें और बारीकियों की ओर ध्यान देने के लिए प्रेरित किया? मेरा विश्वास था कि विद्यार्थियों को अपने परिवेश के सक्रिय अवलोकन की प्रक्रिया में जोड़ने से उनमें उससे जुड़ाव या अपनेपन का भाव विकसित करने में मदद करेगा और इससे अपने आसपास के पर्यावरण की देखभाल

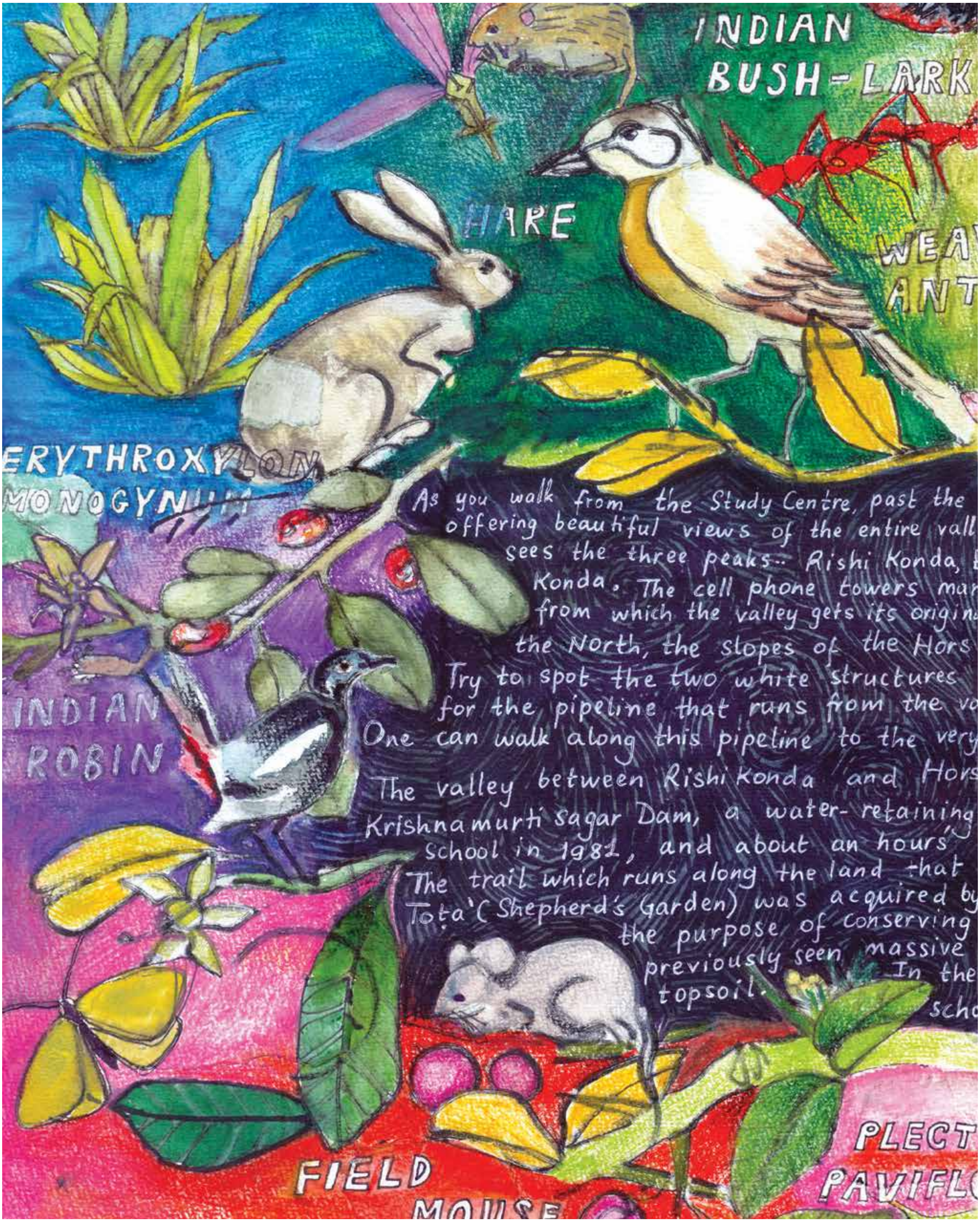
चित्र-5 : एक अभिलेख प्रविष्टि।

Credits: Aman Gwjwn (ICSE 2018), Rishi Valley School. License: CC-BY-NC.



चित्र-6 : वनस्पतियों और जन्तुओं के साथ एक मार्ग का नक़्शा। मूल नक़्शा दो तरफ़ है जिसमें एक तरफ़ मार्ग की दिशाएँ चित्रित की गई हैं और जानकारियाँ दूसरे पृष्ठ पर दी गई हैं।

Credits: Painted by Rahi de Roy (ISC 2016), Rishi Valley School. License: CC-BY-NC.



INDIAN BUSH-LARK
HARE
WEA
ANT
ERYTHROXYLON MONOGYNUM
As you walk from the Study Centre, past the
offering beautiful views of the entire vall
sees the three peaks- Rishi Konda,
Konda. The cell phone towers mar
from which the valley gets its origin
the North, the slopes of the Hors
Try to spot the two white structures
for the pipeline that runs from the va
One can walk along this pipeline to the very
The valley between Rishi Konda and Hors
Krishnamurti Sagar Dam, a water-retaining
school in 1981, and about an hours'
The trail which runs along the land that
Tota' (Shepherd's Garden) was acquired by
the purpose of conserving
previously seen massive
In the
topsoil.
sch
INDIAN ROBIN
FIELD MOUSE
PLECT
PAVIFL

का भाव भी विकसित होगा। हालाँकि विद्यार्थियों के अभिलेख मुख्यतः उनके अवलोकनों के दस्तावेज़ीकरण के लिए लिखे जाते थे, उनकी कुछ प्रविष्टियों (**देखें चित्र-5**) में चित्रांकन का अन्दाज़ था, जो इस भाव को प्रेरित करता है कि उन्हें इसकी रचना में मज़ा आया।

अभिलेखन से जो दूसरा आनन्द मिला है वह पाठ्यक्रम से हटकर कक्षा के बाहर ऐसे विद्यार्थियों के साथ काम करने से मिला है जो विज्ञान पृष्ठभूमि से नहीं हैं। उदाहरण के लिए, हम अपने विद्यालय परिसर की जैव विविधता से आगन्तुकों को परिचित करवाने के लिए प्रमुख मार्गों का नक्शा बनाने की योजना पर काम कर रहे थे। जब यह विचार और इसका ख़ाका प्रस्तुत किया गया तो एक विद्यार्थी ने स्वयं ज़िम्मेदारी लेकर एक शानदार नक़्शा बनाकर प्रस्तुत किया। इस नक़्शे में एक तरफ़ मार्ग दर्शाया गया था और पीछे की तरफ़ भड़कीले रंगों में वे पौधे, पक्षी और कीट दर्शाए गए थे जो देखने को मिलेंगे (**देखें चित्र-6**)। प्रत्येक चित्र में ललित कला की इस विद्यार्थी की कलात्मक दृष्टि झलकती है, लेकिन जीव वैज्ञानिक दृष्टि से भी यह सटीक है। इस नक़्शे पर काम करने में उस विद्यार्थी को, जो शायद सक्रिय रूप से जीवविज्ञान में रुचि नहीं रखती थी, को अपने प्राकृतिक परिवेश से सम्बन्ध विकसित करने का अवसर उपलब्ध हुआ। इसी सम्बन्ध के कारण शायद विद्यार्थी ने इसे भूदृश्य या जीवरूप का ख़ालिस व्यक्तिपरक विवरण बनाने का विकल्प नहीं चुना।

चलते-चलते

इस लेख में मैंने कुछ परियोजनाओं के उदाहरण साझा किए हैं, जिनमें विद्यार्थी सीखने के साथ-साथ अपनी रचनात्मकता को भी अभिव्यक्त कर पाए। एक शिक्षक के नाते यह रुचिकर और प्रेरणादायक रहा कि कैसे विद्यार्थी किसी जीव वैज्ञानिक अवधारणा को अपनी कलाकृतियों में समाहित करते हैं। अलबत्ता, मैं इन प्रयासों से उभरने वाले अकादमिक परिणामों को व्यक्त करने को लेकर आज भी दुविधा में हूँ। कुछ मामलों में शायद रचनात्मकता के इन क्षणों में विद्यार्थी किसी अन्तर्दृष्टि या अवलोकन के रूप में किसी जीव वैज्ञानिक सत्य तक पहुँच जाएँ – और शायद इतना पर्याप्त है। ऐसी कलाकृति को बनाने के लिए ज़रूरी क़रीबी अवलोकन हमें दुनिया की बेहतर समझ की ओर ले जाते हैं और इससे चीज़ों के अन्तर सम्बन्धों का अपेक्षाकृत बेहतर एहसास बन पाता है।

यदि आप अपने आँख-कान खुले रखें तो कक्षा में नए विचार स्वाभाविक रूप से उभरते रहते हैं। उदाहरण के लिए, विद्यालय के बच्चों को हमेशा आकृष्ट करने वाले विषय के तहत मानव शरीर के इर्द-गिर्द कई कला-सम्बन्धी विभिन्न गतिविधियाँ बनाई जा सकती हैं जो उन्हें पाठ्यपुस्तकों के चित्रों से आगे जाने के लिए प्रोत्साहित करें। आख़िरकार इस 'घर' को दर्शाने के कई तरीक़े हैं जिनसे इसकी सुन्दरता और अन्य जीवों से सम्बन्धों को उभारा सके। एक अन्य उदाहरण में विद्यार्थी हिलिस प्लॉट का चित्रण कर सकते हैं जो जीवन के वृक्ष का ही एक प्रकार है जिसमें वृक्ष अपने ही इर्द-गिर्द इस तरह लिपट जाता है कि वह लगभग एक वृत्त बन जाए। अब इस प्लॉट के कई कलात्मक संस्करण उपलब्ध हैं और कुछ वैज्ञानिकों ने तो अपने शरीर पर इसे गुदवा (टैटू) भी लिया है। एक और सम्भावना एक मित्र द्वारा सुझाई गई थी जो भूदृश्य वास्तुविद हैं। उनके अनुसार विद्यार्थियों से एक परिभ्रमण पथ बनवाया जाए जिस पर वे पृथ्वी की उत्पत्ति से शुरू करके उसके क्रमिक विकास की प्रमुख घटनाओं का चित्रण करें। इस परिभ्रमण की लम्बाई पृथ्वी के इतिहास के बराबर लगभग 4 अरब वर्षों की होगी और महत्त्वपूर्ण घटनाएँ मूर्ति शिल्प, चित्रों या शिलालेखों के रूप में प्रदर्शित की जा सकती है। सम्भावनाएँ अनन्त हैं।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Haeckel Muscinae (Mosses). Source: Ernst Haeckel, Kunstformen der Natur or Art forms in Nature (1904), plate 72: Muscinae, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haeckel_Muscinae.jpg. License: CC-BY-SA.

कौस्तुभ राव 2011 से 2017 तक ऋषि वैली विद्यालय में जीवविज्ञान शिक्षक थे। इसके पूर्व उन्होंने राष्ट्रीय जीवविज्ञान केन्द्र बेंगलूरु में कार्य किया। उनसे ahodrrau@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : भोलेश्वर दुबे **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

मकड़ियाँ : हमारे बीच बुनकर और शिकारी

वेना कपूर और दिव्या उमा

वे छोटी ज़रूर हैं, परन्तु हमारी ही तरह किसी भी मकड़ी का जीवन भी कई नाटकीय रूप लिए होता है। मकड़ियों को तय करना करना होता है कि जाले कहाँ बनाएँ, भोजन कहाँ तलाश करें, अपने दुश्मनों से कैसे बचें, अपने योग्य जोड़ीदार कैसे ढूँढें और अपने बच्चों की देखभाल कैसे करें। चक्कर में पड़ गए ना? आइए हमारे साथ मकड़ियों के अद्भुत संसार की खोजबीन कीजिए।

मकड़ियाँ हमारे अन्दर कई तरह के भाव जगाती हैं – आठ टाँगों वाली, रोएँदार, ख़ौफ़नाक टेरेंटूला से डर, उन मकड़ी के जालों से चिढ़ जिन्हें बार-बार साफ़ करना पड़ता है, हैरतअंगेज़ स्पाइडरमैन के प्रति उत्साह, जो अपनी कलाइयों से रेशम के धागे छोड़कर लोगों की जान बचाता है।

तो मकड़ी माने क्या?

मकड़ियाँ जीवों के एक बड़े समूह की सदस्य हैं जिसे ऑर्थ्रोपोडा कहते हैं। (ग्रीक : ऑर्थो – जोड़; पोडा – टाँगें)। इनकी आठ टाँगें और अपने शिकार में ज़हर डालकर सुन्न करने के लिए दो डंक होते हैं। इनके नज़दीकी सम्बन्धियों में बिच्छू, चाबुक बिच्छू, पिस्सू, घुन और

बॉक्स-1 : मकड़ियों का रेशम कितना मज़बूत होता है?

मकड़ियों का रेशम बहुत मज़बूत होता है – आपने अँग्रेज़ी में कहावत सुनी होगी 'एज़ स्ट्रोंग एज़ स्पाइडर सिल्क'। कुछ मकड़ियों द्वारा बनाए गए रेशम को तोड़ने के लिए उसी के समान आयतन के केवलार की तुलना में पाँच गुना अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। केवलार एक संश्लेषित रेशा है जो स्टील से समानता रखता है।

मकड़ी के रेशम को मज़बूती मिलती है उसकी प्रत्यास्थता तथा खिंचाव के गुण से। पिछले दशक में मकड़ियों द्वारा बनाए गए रेशम के जैव-चिकित्सकीय अनुप्रयोगों पर काफ़ी काम हुआ है। जेनेटिक इंजीनियरिंग की मदद से शोधकर्ता मकड़ियों के रेशम बनाने वाले जीन को अलग करके स्तनधारी और बैक्टीरिया कोशिकाओं में इस रेशम का उत्पादन कर पाए हैं। वैज्ञानिक अब मकड़ियों के रेशम की नक़ल कर कृत्रिम रेशम बनाने का प्रयास कर रहे हैं। आधुनिक चिकित्सा के अन्तर्गत तंत्रिका तथा उपास्थि कोशिकाओं को पुनरुत्पादित करने के लिए भी मकड़ियों के रेशम का उपयोग किया जा रहा है।

हार्वेस्टमेन (लम्बी टाँगों वाला मकड़ी जैसा जन्तु – शस्यलूताभ) शामिल हैं।

अपनी असीम प्रजाति विविधता के लिए जानी जाने वाली मकड़ियाँ अण्टार्कटिका को छोड़कर पूरे विश्व में लगभग हर जगह और हर तरह के प्राकृतवास में पाई जाती हैं। अब तक वैज्ञानिकों ने दुनिया भर में इनकी 45,000 से अधिक प्रजातियाँ खोजी हैं। भारत में ही इनके 59 कुलों की 1400 से अधिक प्रजातियाँ पाई जाती हैं। हालाँकि यह एक बड़ी संख्या लगती है परन्तु अधिकांश प्रकृतिविदों और मकड़ी वर्गीकरणविदों का विचार है कि मकड़ियों के कई सारे प्रकार हैं जिनके बारे में हम अभी तक नहीं जानते हैं। वास्तव में संसार के कई क्षेत्रों का मकड़ियों की जानकारी हेतु अध्ययन होना अभी बाक़ी है और इनकी तलाश में लगे लोग बहुत थोड़े हैं! तब इसमें कोई आश्चर्य की बात नहीं है कि संसार के अलग-अलग हिस्सों से मकड़ियों की नई-नई प्रजातियों की लगातार खोज हो रही है। एक बार इनके बारे में पता चल जाता है तो इन मकड़ियों को विभिन्न प्रजातियों में बाँटना भी एक चुनौती भरा काम होता है! दिलचस्प बात यह है कि एरेक्नोलॉजिस्ट (मकड़ी-वैज्ञानिक) बाह्य जननांगों के आधार पर इनकी पहचान तथा वर्गीकरण करते हैं।

महीन और रेशमी धागे

सभी मकड़ियाँ रेशम बनाती हैं, परन्तु ये अकेले ऐसे जीव नहीं हैं जो रेशम बनाने की क्षमता रखते हैं। कई कीट, जिनमें रेशम कीट भी शामिल हैं, में यह क्षमता होती है। परन्तु शायद ही कोई कीट होगा जो रेशम का उपयोग मकड़ियों की तरह इतने विविध कार्यों के लिए करता होगा। मकड़ियाँ न केवल जाला बनाने के लिए रेशम का उपयोग करती हैं, वरन अपनी सुरक्षा तथा एक जगह से दूसरी जगह जाने के लिए सेतु के रूप में भी इसका उपयोग करती हैं। ये अपने जालों का उपयोग आराम फरमाने और शिकारियों से बचने के लिए सुरक्षित तथा गद्देदार आश्रय बनाने में; शिकारियों से बचने; जेण्डर-विशिष्ट रासायनिक संकेतों द्वारा मादा व नर के बीच भेद करने और अपने अण्डों की थैलियों (एग-सेक) की सुरक्षा के लिए भी करती हैं।

बॉक्स-2 : क्या मकड़ियाँ अपने ही जाल में फँस जाती हैं?

अपने शिकार के विपरीत, वास्तव में मकड़ियाँ अपने जाल में बिना फँसे उस पर चल सकती हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि मकड़ियों का जाला दो हिस्सों से मिलकर बना होता है; चिपचिपा तथा सामान्य। मकड़ियाँ दबे पाँव तथा तेज़ चाल से चिपचिपे हिस्से से बचते हुए निकल जाती हैं। मकड़ियों की टाँगों पर पाए जाने वाले ग़ैर-चिपचिपे पदार्थ से आवरित रोम इसमें मददगार होते हैं।

मकड़ियों का रेशम प्रोटीन्स (जिन्हें स्पड्रॉइन कहते हैं) का जटिल मिश्रण होता है जिसमें कुछ लिपिड्स, शर्करा तथा रंजक भी होते हैं (**बॉक्स-1 देखें**)। यह मकड़ियों के उदर के पिछले हिस्से पर स्थित रेशम ग्रन्थियों में तरल अवस्था में संग्रहित रहता है।

रेशम ग्रन्थि एक गुब्बारे जैसी दिखती है और उसी की तरह कार्य करती है। इस गुब्बारे में एक लम्बी नली होती है जिसके अन्त में एक छोटी-सी थूथनी (स्पिनरेट/रेशम कातने वाला अंग) होती है। एक बार स्रवित होने के बाद हवा के सम्पर्क में आते ही रेशम तरल रूप से ठोस रूप में परिवर्तित हो जाता है। तब मकड़ी थूथनी से स्रावित रेशम से अपना जाला बनाने के लिए इसे खींचने तथा सुलझाने के लिए अपनी टाँगों की मदद लेती है। अब आप समझ ही गए होंगे कि स्पाइडरमैन को अपनी कलाइयों से रेशम छोड़ते हुए दिखाते हैं वो कतई सही नहीं है। मकड़ी के रेशम का अन्य रोचक गुण है – इसमें अम्लीय पीएच होता है जो इसे जीवाणुओं तथा कवक के आक्रमण के ख़िलाफ़ प्रतिरोधी बनाता है।

मकड़ी के लिए रेशम की आवश्यक मोटाई तथा मज़बूती उसके उपयोग के अनुसार अलग-अलग होती है। फलस्वरूप मकड़ियों में कम-से-कम 6 प्रकार का रेशम (और रेशम ग्रन्थियाँ) पाया जाता है। प्रत्येक प्रकार के रेशम का उपयोग ऊपर बताए गए विभिन्न कार्यों के लिए किया जाता है।

चित्र-1 : जालों के प्रकार।

(अ) गोलाकार जाल

Credits: Sara. License: License: Commissioned and copyright image used with permission.

(ब) टेंटनुमा जाल

Credits: Dinesh Valke, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:..._web_--_tent_spider_web_(4305043541).jpg. License: CC-BY-SA.

(स) चादर जाल

Credits: James K. Lindsey, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linyphia.hortensis.web.jpg?uselang=en-gb. License: CC-BY-SA.

बॉक्स-3 : मकड़ी के हस्ताक्षर

हस्ताक्षर या क्रॉस-मकड़ी एक गोलाकार जाला बनाने वाली मकड़ी है जो कि कभी-कभी अपने जाले में सफ़ेद तथा ज़िगज़ैग रेशमी संरचनाएँ बनाती है। इनको स्टेबिलिमेंटा कहते हैं (क्योंकि पहले माना जाता था कि ये जाले को स्थायित्व प्रदान करती हैं)। एक परिकल्पना के अनुसार ये संरचनाएँ पराबैंगनी किरणों को परावर्तित करती हैं, ये परावर्तित किरणें (हालाँकि मनुष्यों को नहीं दिखाई देतीं) कीटों की कई प्रजातियाँ (मकड़ी के भोजन) को जाले की तरफ़ आकर्षित करती हैं। दूसरी परिकल्पना के अनुसार स्टेबिलिमेंटा का उपयोग मकड़ी को बड़ा दिखाकर या शिकारियों (ख़ासकर पक्षियों) को भयभीत करने के लिए किया जाता है ताकि वे जाले को नष्ट न करें।

कुछ नए सिद्धान्तों के अनुसार, हो सकता है कि ये लाक्षणिक चिह्न मादा मकड़ी द्वारा, नर मकड़ी को इस बात का संकेत हो कि वह समागम के लिए तैयार है, या ये केवल अच्छी साज-सज्जा हों।

चित्र-2 : एक क्रास मकड़ी (पेट की ओर से)।
Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

बुनकर तथा शिकारी – विभिन्न प्रकार की मकड़ियाँ और उन्हें कहाँ ढूँढ़ें

शिकार पकड़ने के तरीक़े के आधार पर मकड़ियाँ मुख्य रूप से दो प्रकार की होती हैं। एक वो जो शिकार पकड़ने के लिए जाला बनाती हैं और दूसरी वे जो जाला नहीं बनाती हैं। वे मकड़ियाँ जो जाला नहीं बनातीं, अपने शिकार को पकड़ने के लिए अन्य तरीक़ों का उपयोग करती हैं। जैसे पीछा करके या घात लगाए बैठकर और छद्मावरण द्वारा। इनमें से एक प्रकार की मकड़ियाँ तो अपने शिकार को पकड़ने के लिए पहले उस पर चिपचिपा पदार्थ छोड़कर उसे सुन्न तक कर देती हैं!

(क) जाला बुनने वाली मकड़ियाँ : ये मकड़ियाँ अपने शिकार को पकड़ने के लिए अलग-अलग तरह के जाले (**बॉक्स-2 देखें**) बनाती हैं, जो इस बात पर निर्भर है कि वे किस कुल की सदस्य हैं। कुछ पहिये के आकार का जाला बनाती हैं जिसे गोलाकार जाला (orb web) भी कहते हैं या छोटे तम्बू के आकार वाले जाले (तम्बू जाला) बनाती हैं; कुछ अन्य मकड़ियाँ एक नाज़ुक चादर जैसा जाला बनाती हैं जो कि अलसुबह ओस की वजह से स्पष्ट दिखाई देता है (**चित्र-1**), जबकि कुछ मकड़ियाँ बिना किसी पैटर्न वाला अव्यवस्थित जाला बनाती हैं (जैसे जाले हमारे घरों में अकसर मिलते हैं)।

प्रायः देखने भर से आप सादे-सरल जालों तथा विस्तृत संरचना वाले जटिल जालों के बीच भेद कर सकते हैं (**बॉक्स-3**)। सरल जाले (जैसे गोलाकार जाले) प्रतिदिन या कभी-कभी कुछ दिनों के अन्तराल पर नए बनाए जाते हैं। कभी-कभी जाले में हुई टूट-फूट के आधार पर मकड़ियाँ या तो उसे री-सायकिल करती हैं या फिर उसकी मरम्मत करती हैं। इसके विपरीत जटिल और व्यापक जाले (तम्बू या चादर जाले), जिनको बनाने के लिए बहुत अधिक ऊर्जा व संसाधनों की आवश्यकता होती है, इन्हें पुनः बनाने की बजाय ज़्यादातर इनकी मरम्मत ही की जाती है।

(ख) शिकारी मकड़ियाँ : वे मकड़ियाँ जो शिकार पकड़ने के लिए जाला नहीं बनातीं, शिकारी मकड़ियाँ कहलाती हैं (**चित्र-3**)। कई शिकारी मकड़ियाँ शिकार की फ़िराक में सक्रिय रूप से इधर-उधर घूमती रहती हैं। इसके विपरीत गतिहीन शिकारी मकड़ियाँ (उदाहरणार्थ केकड़ा मकड़ी) शिकार पकड़ने के लिए घात लगाना, छद्मावरण जैसी तकनीकों का उपयोग करती हैं। चूँकि इस समूह की मकड़ियाँ कीट पकड़ने के लिए जाले का उपयोग नहीं करती हैं, अतः ये शिकार का पता लगाने के लिए दृश्य या कम्पन जैसे संकेतों पर निर्भर रहती हैं। फलस्वरूप फुदकती तथा भेड़िया-मकड़ी जैसी सक्रिय शिकारी मकड़ियों की नज़र गतिहीन तथा जाल बनाने वाली मकड़ियों की तुलना में बेहतर होती है।

मैं तुमसे बड़ी हूँ!

प्रायः नर मकड़ियाँ आकार में मादा मकड़ियों से छोटी होती हैं (**चित्र-4 देखें**)। विशालकाय वुड मकड़ी जैसी कुछ प्रजातियों में मादा मकड़ी नर की तुलना में 3-5 गुना बड़ी होती हैं। आकार में विभिन्नता के इतर वयस्क नर मकड़ी विशेष उपांगों (पैल्प) के आधार पर इन्हें मादा मकड़ी से अलग पहचाना जा सकता है। इन पैल्प का उपयोग ये अपने शुक्राणुओं को संग्रहित करने के लिए करते हैं।

वयस्कता प्राप्त करने पर नर मकड़ी वयस्क या तो एक अस्थाई आश्रय बनाती है या एक सम्भावित साथी की तलाश में भटकती है। जब वह अपनी प्रजाति की किसी मादा के सम्पर्क में आता है तब उसे मादा का ध्यान आकर्षित करने के लिए बहुत ही सावधानीपूर्वक रणनीति बनानी पड़ती है। यदि मादा उसे ग़लती से शिकार समझ लेती है तो इसकी पूरी सम्भावना है कि वह उस पर झपट्टा मारकर अपने रेशम में लपेट ले जैसा कि वह अन्य किसी भी कीट के साथ करती! यदि वह जाला बनाने वाली प्रजाति का है तो सर्वप्रथम वह जाले में विशेष प्रकार से जाले के तन्तुओं को छेड़कर (plucking motion द्वारा) झनझनाहट पैदा कर मादा मकड़ी को अपने आगमन की सूचना देता है। अगर इस हरक़त में जरा-सी भी त्रुटि हो जाती है तो वह मादा मकड़ी का भोजन बन सकता है। शिकारी परिवारों की नर मकड़ियों को सुर पैदा करने के लिए जाले उपलब्ध नहीं होते हैं लेकिन उनमें कई तरह की प्रणय-प्रथाएँ विकसित हुई हैं, जो किसी हीरो में भी ईर्ष्या पैदा कर सकती हैं। जैसे, प्रणय के समय मादा का ध्यान आकर्षित करने हेतु अपनी टाँगों को लहराना और विभिन्न नृत्य की मुद्राएँ प्रदर्शित करना या उसे एक रेशम में लिपटा हुआ मृत कीट उपहार में देना ताकि उसका ध्यान भटक जाए और नर उसके साथ समागम कर सके आदि। इसके साथ ही इन प्रजातियों के नर बहुत ही रंग-बिरंगे होते हैं क्योंकि वे अपने सम्भावित साथी को आकर्षित करने के लिए कई तरह के दृश्य संकेतों का उपयोग करते हैं।

> **बॉक्स-4 : शिकारी मकड़ियों की नज़र जाला बनाने वाली मकड़ियों से ज़्यादा पैनी क्यों होती हैं?**
>
> अपने विद्यार्थियों से यह प्रश्न पूछिए और उनके साथ सम्भावित कारणों पर चर्चा कीजिए। चर्चा के बाद उन्हें चारों प्रकार की मकड़ियों की आँखों की व्यवस्था को केन्द्रित करती हुई तस्वीरें दिखाइए तथा उनसे जानिए कि आँखें जाला बनाने वाली मकड़ी की हैं या शिकारी मकड़ी की?

यहाँ भी आँख, वहाँ भी आँख, हर तरफ़ आँख-आँख?

कुछ मकड़ी विशेषज्ञ मकड़ियों को उनके सिर के हिस्से में आँखों की जमावट तथा संख्या के आधार पर वर्गीकृत करते हैं। अधिकांश मकड़ियों में 8 आँखें पाई जाती हैं परन्तु कुछ में इनकी संख्या 6 या उससे कम भी होती है। कीटों की संयुक्त आँखों के विपरीत मकड़ियों की आँखें सरल होती हैं तथा बनावट में हमारे या अन्य स्तनधारियों के समान होती हैं। अधिकांश जाला बनाने वाली मकड़ियाँ अपने जाले में कम्पनों के आधार पर शिकार को पकड़ती हैं; इनकी आँखें बमुश्किल अँधेरे-उजाले की तीव्रता में अन्तर तथा गति का फ़र्क़ कर पाती हैं। इसके विपरीत अधिक सक्रिय शिकारी मकड़ियाँ फुदकती मकड़ियाँ, केकड़ा मकड़ियाँ, जाल फेंकने वाली मकड़ियाँ, भेड़िया मकड़ियाँ आदि में शिकार, प्रणय-साथी और शिकारियों के बीच भेद कर पाने के लिए बेहतर दृष्टि होती है।

शिकारी मकड़ियों के एक समूह फुदकती मकड़ियों की दृष्टि का व्यापक अध्ययन किया गया है। आमतौर पर पाई जाने वाली (घरों के आस-पास भी), छोटी और प्रायः रंगीन मकड़ियों का यह नाम इनके घूमने-फिरने और शिकार करने के तरीक़े के आधार पर पड़ा है। अगर आपको ऐसी मकड़ियाँ देखने का मौक़ा मिले तो इनको शिकार करते हुए देखना बहुत आकर्षक होता है। फुदकती मकड़ियाँ अपने सम्भावित शिकार की गति का पता काफ़ी दूरी से ही लगा लेती हैं।

चित्र-3 : शिकारी मकड़ियाँ।

(अ) भेड़िया मकड़ी।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

(ब) कूदने वाली मकड़ी।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

(स) केकड़ा मकड़ी।

Credits: Robin Rozario, License: Commissioned and copyright image used with permission.

चित्र-4 : मादा मकड़ी नर मकड़ी से अधिक बड़ी होती है।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

चित्र-5 : कूदने वाली मकड़ी।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

इसके लिए वे अपने सिर के बाजू पर स्थित 8 में से अपेक्षाकृत छोटी 6 आँखों का उपयोग करती हैं। जैसे ही उन्हें शिकार की गति का पता लगता है, वे अपने सिर को घुमाकर बीच वाली दो बड़ी आँखों से शिकार को देखती हैं, जबकि उनकी बची हुई आँखों की जोड़ियाँ शिकार के आकार, रंग और दूरी की जानकारी उपलब्ध करवाती हैं। इसके बाद वे बिल्ली की तरह झपट्टा मारकर शिकार को पकड़ लेती हैं। अपने शिकार से कुछ सेंटीमीटर की दूरी से ही वे उस पर कूदकर उसे दबोच लेती हैं।

मकड़ियाँ क्या खाती हैं?

मकड़ियाँ मुख्यतः माँसाहारी होती हैं तथा विभिन्न प्रकार के कीटों के अलावा अन्य भी मकड़ियाँ इनका भोजन होती हैं। जाला बनाने वाली मकड़ियाँ अपने से बड़े

चित्र-6 : मकड़ी का शिकार जाल में फँस गया है।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

शिकार तथा उड़ने वाले कीटों (मक्खियाँ, तितलियाँ, पतंगे, मधुमक्खी वग़ैरह) को पकड़ने के लिए अपने जाले का उपयोग करती हैं। जो मकड़ियाँ जाला नहीं बनातीं वे मेंटिड्स, झींगुर, चींटियों तथा तिलचट्टों जैसे कीटों को पकड़ने के लिए या तो वे घात लगाती हैं या चुपके से शिकार करती हैं या छद्मावरण का उपयोग करती हैं। मकड़ियों को मिलीपीड्स, टैडपोल, छोटे मेंढक, मछलियों तथा गेको छिपकलियों का शिकार करते हुए भी देखा गया है। और-तो-और, मकड़ियाँ अपने बड़े जाले में

बॉक्स-5 : सामाजिक मकड़ियाँ

अधिकांश मकड़ियाँ अकेले ही शिकार करती हैं। प्रायः अगर आप दो मकड़ियों को एक ही डिब्बे में बन्द कर देते हैं, दोनों मकड़ियों की भूख पर निर्भर करता है, परन्तु अन्त में डिब्बे में एक ही मकड़ी शेष बचती है। परन्तु कुछ मकड़ियों के कुछ कुलों में एक ही प्रजाति की मकड़ियाँ अकेले रहने की बजाय समूह में रहने के लिए जानी जाती हैं तथा अपने समूह के जोड़ीदारों के लिए काफ़ी हद तक सहिष्णु रहती हैं। मकड़ियों की ये प्रजातियाँ सामुदायिक या सामाजिक मकड़ियाँ कहलाती हैं।

सामाजिक मकड़ियाँ रोचक हैं क्योंकि ये दस से लेकर सौ तक के समूह में रहती हैं। ये शिकार करने, जाला बनाने तथा शिशुओं की देखभाल करने में एक-दूसरे की मदद करती हैं। इनमें से कुछ का अपना ‘व्यक्तित्व’ होता है, हालाँकि सभी मकड़ियाँ सारे काम (शिकार, शिशुओं की देखभाल) करने में कुशल होती हैं, किन्तु कुछ मकड़ियाँ अन्य मकड़ियों की अपेक्षा कुछ कार्य ज़्यादा बार करती हैं।

चित्र-7 : एक सामाजिक मकड़ी का जाल।

Credits: charlesjsharp, Wikimedia Commons. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Social_spider_%28Stego dyphus_dumicola%29_nest.jpg. License: CC-BY-SA.

दुर्घटनावश फँसे पक्षी का भी शिकार कर लेती हैं।

मकड़ियाँ अपने शिकार को पूरा-का-पूरा एक साथ नहीं खाती हैं। वे उनको काटती हैं और उनमें ज़हर इंजेक्ट करती हैं। इस ज़हर में एक एन्ज़ाइम होता है जो कि शिकार के अन्दर के हिस्सों को तरल रूप में बदल देता है और मकड़ियाँ उस तरल को चूस लेती हैं। जब मकड़ियाँ बहुत बड़े शिकार को पकड़ लेती हैं तो कभी-कभी उसे नियंत्रित करने के लिए उसे रेशम में लपेट देती हैं। जाला बनाने वाली मकड़ियों को प्रायः तुरन्त ऐसा करना पड़ता है ताकि ताज़ा पकड़ा हुआ शिकार बचने की कोशिश में जाले को कम-से-कम नुकसान पहुँचाए। अगर कभी इन्हें शिकार नहीं मिलता और ये बहुत अधिक भूखी होती हैं तो ये स्वजाति भक्षण (अपनी ही जाति के सदस्यों का भक्षण, यदि वह आस-पास उपलब्ध हो) भी कर सकती हैं या अन्य प्रजातियों की मकड़ियों का शिकार भी कर लेती हैं।

परन्तु पोर्टिया नामक एक मकड़ी समूह (**चित्र-8**) है जो किंग कोबरा साँपों की भाँति केवल दूसरी प्रजाति की मकड़ियों का ही भक्षण करता है। ये मकड़ियाँ प्रायः सूखे कूड़े-करकट के ढेर की तरह दिखती हैं, जिसके कारण यह उन जाला बनाने वाली मकड़ियों (जिनकी नज़र कमज़ोर होती है) के जालों साथ घुल-मिल जाती हैं जिनका कि उनको शिकार करना होता है। पोर्टिया मकड़ियाँ अद्भुत बुद्धिमान शिकारी व्यवहार का प्रदर्शन करती हैं और अकसर चालाकी और धोखे का सहारा लेकर मकड़ियों को अपना भोजन बनाती हैं। उदाहरण के लिए, जब पोर्टिया मकड़ी अपने शिकार के जाले के पास पहुँच जाती है तब वह किसी छटपटाते कीट या सम्भावित प्रणय जोड़ीदार के अनुरूप उस जाले में कम्पन्न उत्पन्न करती है। जब जाला बनाने वाली मकड़ी जाले के उस भाग की जाँच-पड़ताल करने आती है तब पोर्टिया तपाक से उसे पकड़

चित्र-8 : एक पोर्टिया मकड़ी उस मकड़ी को खा रही है जिसे उसने अभी-अभी पकड़ा है।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

चित्र-9 : मकड़ी पर सवार ततैया का लार्वा।

Credits: Miller, J. A.; Belgers, J. D. M.; Beentjes, K. K.; Zwakhals, K.; van Helsdingen, P. (2013). "Spider hosts (Arachnida, Araneae) and wasp parasitoids (Insecta, Hymenoptera, Ichneumonidae, Ephialtini) matched using DNA barcodes". Biodiversity Data Journal 1: e992. DOI:10.3897/BDJ.1.e992, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Live_Tetragnatha_montana_(RMNH.ARA.14127)_parasitized_by_Acrodactyla_quadrisculpta_larva_(RMNH.INS.593867)_-_BDJ.1.e992.jpg?uselang=en-gb. License: CC-BY.

चित्र-10 : मलबा ओर्ब बुनकर मकड़ी टहनियों, सूखे पत्तों और सुन्दर रेशमी मलबे में अच्छी तरह से छिपी हुई है।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

चित्र-11 : एक मकड़ी अपने निर्मोचन के साथ।

Credits: Judy Gallagher, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crab_Spider_-_Synema_parvulum_and_its_moult,_Leesylvania_State_Park,_Woodbridge,_Virginia.jpg?uselang=en-gb. License CC-BY.

चित्र-12 : मकड़ियों की कई प्रजातियों की मादाएँ किसी-न-किसी रूप में मातृ देखभाल के लिए जानी जाती हैं।

Credits: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

चित्र-13 : मादा भेड़िया मकड़ियाँ अपने बच्चों को अपनी पीठ पर तब तक लेकर घूमती रहती हैं जब तक कि वे अपना जीवन शुरू करने के लिए तैयार न हो जाएँ।
Credits: Valerius Geng, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wolfspinne1.jpg. License: CC-BY-SA.

बॉक्स-6 : गुब्बारेबाज़ मकड़ियाँ

मकड़ियों के पंख नहीं होते हैं, फिर भी ये पूरे विश्व में विभिन्न आवासों, यहाँ तक कि टापुओं पर भी पाई जाती हैं। ये मकड़ियाँ किस प्रकार इन क्षेत्रों में बस पाती हैं? मकड़ियों के शिशु यह सब एक प्रकार की तकनीक के द्वारा कर पाते हैं, जिसे गुब्बारेबाज़ी (एक पतंग उड़ाते हुए व्यक्ति की कल्पना कीजिए) कहते हैं। इस तकनीक में शिशु मकड़ियाँ एक ऊँचाई वाली जगह, जैसे किसी टहनी, शाखा या पत्ती की नोक पर चढ़ जाती हैं और अपने उदर को फुलाकर हवा की विपरीत दिशा में रेशम का धागा छोड़ती हैं। अमूमन हवा का एक हल्का-सा झोंका इन छोटी और कोमल मकड़ियों को ऊपर उठाने तथा सुदूर स्थानों तक ले जाने के लिए काफ़ी होता है। जहाँ ये अपनी ज़िन्दगी तथा परिवार की शुरुआत करते हैं। ये जितनी अधिक दूरी तय करती हैं इन्हें अपने सहोदरों से उतने ही कम संसाधन बाँटने पड़ते हैं।

लेती है। बिलकुल डरावनी फ़िल्म के एक दृश्य जैसा लगता है, है न?

आज हम फुदकती मकड़ियों की एक ऐसी प्रजाति के बारे में जानते है जिन्हें *बगीरा किप्लिंगी* कहते हैं। यह वैज्ञानिकों के लिए भी रोमांचक था कि यह मुख्य रूप से शाकाहारी है। मध्य अमेरिका में हाल ही में खोजी गई इस मकड़ी का भोजन कुछ पौधों की पत्तियों में उपस्थित शर्करा, वसा तथा प्रोटीन है।

कौन-से जीव मकड़ियों को खाते हैं?

यह बात विचित्र लग सकती है परन्तु मकड़ियाँ ही मकड़ियों की मुख्य शत्रु होती हैं। बड़ी मकड़ियाँ छोटी मकड़ियों को तथा विभिन्न प्रजातियों की मकड़ियाँ एक-दूसरे को खाती हैं। मकड़ियों का शिकार करने वाले और उनके अन्य दुश्मनों में पक्षी, छिपकलियाँ एवं ततैये और प्रेईंग मेंटिड्स जैसे कीट शामिल हैं। असल में अकेले रहने वाले ततैयों की कुछ प्रजातियाँ विभिन्न प्रकार की मकड़ियों, जैसे कि जाल बनाने वाली छोटी या शिकारी मकड़ियों से लेकर टेरेंटूला जैसी विशालकाय मकड़ियों के शिकार में बहुत माहिर होती हैं। शोध के अनुसार ये ततैये मकड़ियों का पता लगाने के लिए दृश्य और रासायनिक संकेतों का मिल-जुला उपयोग करते हैं। एक बार उनका पता चल जाने पर ये अपने डंक से उसे पंगु बनाने वाले तंत्रिकाविष छोड़ देते हैं और फिर उनके

निष्क्रिय शरीर को अपने घोंसले तक ले जाते हैं। ऐसी एक या अधिक निष्क्रिय मकड़ियों को संग्रहित करने के बाद ये ततैये उनमें से किसी एक पर अपने अण्डे देते हैं। जैसे ही अण्डों से लार्वा बाहर निकलते हैं, नाममात्र को जीवित ये मकड़ियाँ उनके लिए ताज़े भोजन का स्रोत बन जाती हैं (**चित्र-9**)। यह सुनने में बहुत डरावना लगता है परन्तु ततैये जैसे शिकारी को मकड़ी जैसे दूसरी शिकारी का शिकार करते हुए देखना बहुत मनमोहक होता है।

शिकार होने से बचने के लिए मकड़ियों में कई तरीक़े विकसित हुए हैं। जाला बनाने वाली बहुत सारी मकड़ियाँ अपने आपको जाले के एक कोने में या किसी मुड़ी हुई पत्ती के अन्दर छुपा लेती हैं। दूसरी कूड़े जैसी दिखने वाली, गोलाकार जाल बनाने वाली मकड़ियाँ दुश्मनों का ध्यान भंग करने और उनको भ्रमित करने के लिए अपने जाले में सजावट करती हैं (**चित्र-10**)। कुछ मकड़ियों जैसे कि *गेस्टेराकेन्था* (गोलाकार जाला बनाने वाली कँटीली मकड़ियाँ) में कँटीला तथा काँटेदार बाह्य कंकाल पाया जाता है, जिसके कारण पक्षी जैसे शिकारियों के लिए इन्हें पकड़ना मुश्किल होता है। ऐसा माना जाता है कि ये कठोर और कँटीले उभार, इनके परजीवी शत्रु ततैयों को इनसे दूर रखते हैं।

ऊपर और ऊपर, हवा के साथ-साथ दूर जाना

मकड़ियों में अपूर्ण कायान्तरण पाया जाता है। इसका मतलब है कि तितली की तरह एक मकड़ी परिवर्धन की विभिन्न अवस्थाओं (अण्डा, लार्वा, प्यूपा, वयस्क) से नहीं गुजरती है। इसकी बजाय अण्डों से सीधे ही शिशु मकड़ियाँ निकलती हैं, जो वयस्क मकड़ियों का ही छोटा रूप होती हैं। अण्डों में उपस्थित सूखा हुआ योक़ इनके पोषण का प्रारम्भिक स्रोत होता है। अण्डों से निकलने के बाद जल्द ही ये बैलूनिंग की प्रक्रिया द्वारा इधर-उधर बिखर जाती हैं (**बॉक्स-6 देखें**)।

परिपक्व वयस्क अवस्था प्राप्त होने तक, शिशु मकड़ियाँ, एक नियमित अन्तराल पर निर्मोचन (अपनी पुरानी बाह्य त्वचा को हटाना) द्वारा वृद्धि करती हैं। कई कीटों तथा मकड़ियों का शरीर एक काईटीन युक्त कठोर आवरण से ढँका होता है जिसे बाह्य कंकाल कहते हैं। साँपों की ही भाँति यदि मकड़ियाँ इस बाह्य आवरण को समय-समय पर नहीं उतारें तो इनकी वृद्धि नहीं हो सकती है। यह प्रक्रिया निर्मोचन कहलाती है। निर्मोचन एक जोखिम भरी प्रक्रिया है क्योंकि इस दौरान मकड़ियाँ पूर्ण रूप से गतिहीन होती हैं और ऐसे समय में शिकारियों की चपेट में आने का ख़तरा सर्वाधिक होता है।

मैं अपने बच्चों की देखभाल करती हूँ

मकड़ियों की कई प्रजातियों को किसी-न-किसी प्रकार की मातृ देखभाल के लिए जाना जाता है। जैसे घरों में पाई जाने वाली लम्बी टाँगों वाली मादा मकड़ियों की तरह कई हफ़्तों तक अपने अण्डों को मुँह में रखती हैं (जिसकी वजह से इस दौरान ख़ुद कुछ भी नहीं खा पातीं); या मादा की अण्डे की थैलियाँ रेशम कातने वाले अंग (स्पिनरेट) से या उसके उदर से जुड़ी होती हैं (**चित्र-12**)। जाला बनाने वाली मकड़ियों के एक समूह की मादाएँ नर्सरी मादाओं के नाम से जानी जाती हैं। ये अपने अण्डों तथा नवजात शिशुओं के रहने के लिए रेशम की संरचनाएँ बनाती हैं, कुछ-कुछ नर्सरी जैसी। मादा भेड़िया मकड़ी न केवल शिशु मकड़ियाँ के बाहर आ जाने तक अपने स्पिनरेट से जुडी अण्डे की थैली को लिए घूमती है बल्कि शिशु मकड़ियों को अपनी पीठ पर चढ़ने तथा उस पर सवारी भी करने देती है। शिशु मकड़ियाँ स्वतन्त्र रूप से जीवन जीने से पहले कई हफ़्तों तक मादा के पेट पर पाए जाने वाले सूक्ष्म रोमों को पकड़े रखती हैं (**चित्र-13 देखें**)। अपने विद्यार्थियों से पूछिए कि क्या वह मकड़ियों की ऐसी किसी प्रजाति के बारे में जानते हैं जिनमें मादाएँ अपनी पीठ पर इसी तरह अपने नवजात शिशु मकड़ियों को लादे रहती हैं।

ओह, मकड़ी छूकर निकल गई/ मकड़ी ने मुझे काटा!

कुछ साँपों की तरह क्या मकड़ियाँ भी ज़हरीली होती हैं? मकड़ियाँ विषैली होती हैं परन्तु प्रायः इनका ज़हर केवल अपने क़ुदरती शिकार के लिए ही शक्तिशाली होता है। भारत में अब तक कोई भी मकड़ी प्रजाति मनुष्यों के लिए ज़हरीली नहीं पाई गई है। वैसे नंगे हाथों से मकड़ियों के साथ काम करने से बचना चाहिए। जरा-सा भी ख़तरा लगने पर ये आपको डंक मार सकती हैं या उनके शरीर पर पाए जाने वाले रोमों की रगड़ से आपको खुजली या चकत्ते हो सकते हैं।

हम मकड़ियों के बारे में क्यों जानें? क्यों परवाह करें?

मकड़ियाँ न केवल हमारे और अन्य जीवों के साथ इस अद्भुत और विविधता से भरी दुनिया को साझा करती हैं बल्कि कई आवश्यक जैविक कार्य भी सम्पन्न करती हैं। उदाहरण के लिए, एक शिकारी के रूप में ये कीटों की जनसंख्या पर अंकुश रखती हैं। वैज्ञानिकों ने कतिपय प्रकार की मकड़ियों की उपस्थिति या अनुपस्थिति को किसी क्षेत्र में परिवर्तन के संकेतक के रूप में उपयोग किया है। मकड़ियों के रेशम के अनूठे गुण और मज़बूती के कारण इनके द्वारा उत्पादित रेशम का प्रयोग जैव-चिकित्सकीय अभियांत्रिकी और पदार्थविज्ञान में किया जाता है।

सारांश

हम आशा करते हैं कि इस लेख के माध्यम से हमने आपको मकड़ियों की रोचक और कभी-कभी विचित्र लगने वाली दुनिया की झलक दी है। एक ऐसा संसार जिसका आप अवलोकन कर सकते हैं और उससे कुछ सीख सकते हैं। अगर आप अपने चारों ओर ध्यान से देखेंगे तो आपको हर तरफ़ मकड़ियाँ दिखने लग जाएँगी – घरों में पर्दों के पीछे, स्कूल की दीवारों पर, एस्बेस्टस की चादरों पर, पेड़ की छालों पर, पत्तियों के बीच में और नीचे की तरफ़, छतों के किनारों पर, धीरे-धीरे आपके सामने या चारों तरफ़ छलाँग लगाते हुए! इन आकर्षक आठ

टाँगों वाले जीवों को अभी भी दुनिया भर के विभिन्न आवासों में खोजा जा रहा है और नामकरण किया जा रहा है। क्या आप इनकी उन सभी आदतों और व्यवहारों की कल्पना कर सकते हैं जिन्हें हमने अभी तक खोजा नहीं है? हो सकता है किसी दिन आप भी मकड़ियों की एक नई प्रजाति खोज निकालें या इनके कुछ व्यवहारिक लक्षणों का वर्णन करें जो कि विज्ञान जगत के लिए नए हों। तो अपनी नज़र को पैना रखें, एक आवर्धक लेंस लें और मकड़ियों की अद्भुत दुनिया की खोज करें।

टिप्पणियाँ :

1. जहाँ भी सम्भव था, हमने इस आलेख में वर्णित विभिन्न मकड़ियों को उनके वैज्ञानिक नामों की बजाय उनके सामान्य रूप से स्वीकृत नामों से ही सम्बोधित किया है।
2. यदि आप मकड़ियों के बारे में अधिक जानना चाहते हैं और उनकी भूमिका और व्यवहार आपको भी चकराता है, तो हम आपको अधिक जानने के लिए सन्दर्भ अनुभाग में उल्लिखित कई संसाधनों (ऑनलाइन और पुस्तकों) का उपयोग करने के लिए प्रोत्साहित करते हैं।
3. इस लेख में सारा के चित्र वेना कपूर द्वारा पश्चिमी घाट के वनों और वालपराई के कॉफ़ी बाग़ानों में मकड़ियों के दस्तावेज़ीकरण की एक परियोजना का हिस्सा थे और इनके लिए प्रकृति संरक्षण फ़ाउंडेशन तथा एटीआरईई द्वारा छोटी-सी अनुदान राशि का सहयोग दिया गया।
4. साभार – लेख के शीर्षक तथा इसकी पृष्ठभूमि में उपयोग की गई फोटो : जम्पिंग मकड़ी, रोवरहाट, पिक्साबे। URL : https://pixabay।com/en/jumping-spider-spiderinsect-macro-1130449/. License : Public Domain.

References

1. Blackledge T. A. (2013). Spider silk: molecular structure and function in webs. Nentwig, W. Spider Ecophysiology. Springer pp. 267-281.
2. Foelix R.F. (2011). Biology of spiders. Oxford University Press. 3rd edition.
3. Koh J.K.H. (1989). A guide to common Singapore spiders. Singapore Science Center. URL: http://habitatnews.nus.edu.sg/guidebooks/spiders/text/a-home.htm.
4. Levi H.W. and Levi L.R. (1968) Spiders and their kin. A golden guide from St. Martin's Press. 1st edition.
5. The authors' research and field observations over many years!

वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उन्होंने जब से एक तम्बू मकड़ी का वास्तुशिल्प रूप से परिपूर्ण जाल देखा, वे इन प्राणियों से चिपक गई थीं। उनकी कुछ सबसे प्रिय यादें भारत के पश्चिमी घाट के हरे-भरे वर्षावनों में पाई जाने वाली मकड़ियों की तलाश करना और उनका दस्तावेज़ीकरण करना रही हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। वह स्नातक विद्यार्थियों को जीवविज्ञान पढ़ाती हैं। शिकारी-शिकार की बातचीत के साथ-साथ मकड़ियों और कीड़ों की नक़ल पर भी काम करती हैं। कूदने वाली मकड़ियों से उन्हें विशेष लगाव है। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

आँगन में जीवन :

मकड़ियों के कुछ रंग-ढंग

कुछ विचित्र मकड़ियाँ जिनसे पिछले कुछ वर्षों में हमारा आमना-सामना हुआ है। क्या आपने इनमें से किसी को देखा है?

— वेना कपूर एवं दिव्या उमा

1. थूकने वाली मकड़ी :

यह छोटी और गोलाकार होती है। अपने नाम के अनुरूप यह मकड़ी अपने शिकार को पकड़ने तथा सुन्न करने के लिए अपने मुँह से गोंद जैसा एक पदार्थ छोड़ती है। एक बार शिकार इस चिपचिपे पदार्थ में फँसकर सुन्न हो जाता है तब यह उसके नज़दीक जाती है और उसमें अपना ज़हर (वीनम) छोड़ती है और फ़ौरन अपने रेशम को उसके ऊपर लपेट देती है ताकि इसे बाद में आराम से खाया जा सके।

थूकने वाली मकड़ी
Source: Carlos De Soto Molinari, Wikimedia Commons. URL: https://www.flickr.com/photos/cdesoto/14236928148. License CC-BY-NC-ND.

2. जाल बिछाने वाली मकड़ी :

जैसा कि आपने इसके नाम से ही अन्दाज़ा लगा लिया होगा, इस रात्रिचर मकड़ी का जाला एक छोटे जाल के जैसा होता है। यह अपनी आगे की दो टाँगों की मदद से इसे लटकाए रखती है। जब भी कोई अनभिज्ञ कीट इसके पास से गुज़रता है यह मकड़ी उस पर अपना जाल गिरा देती है और उसे फँसा लेती है।

जाल बिछाने वाली मकड़ी
Source: Geoff Gallice, Wikimedia Commons. URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/ d6/Flickr_-_ggallice_-_Net-casting_spider_%283%29.jpg?uselang=en-gb. License: CC-BY.

3. बिच्छू मकड़ी :

इसके विस्तारित उदर तथा गोलाकार जाले में इसकी मुद्रा की वजह से किसी को भी इसे पहचानने के लिए दुबारा देखना पड़ता है। सिर्फ़ यही गफ़लत में डालने वाला नहीं है बल्कि भूरे रंग की यह मकड़ी एक सूखी पत्ती के समान दिखाई देती है।

बिच्छू मकड़ी
Source: Sara. License: Commissioned and copyright image used with permission.

4. बीट मकड़ी :

इस मकड़ी को यह विचित्र नाम देने के पीछे एक कारण है — इसके शिकार करने का एक तरीक़ा किसी पक्षी की ताज़ा बीट से समानता रखता है। शोध बताते हैं कि इस तरीक़े के कारण ही पक्षी (मकड़ी के मुख्य दुश्मन) इन्हें पहचान नहीं पाते हैं और जो तितलियाँ इस बीट पर कुछ आवश्यक पोषक तत्वों के लालच में बैठती हैं, बेवकूफ बनकर इन मकड़ियों का भोजन बन सकती हैं।

बीट मकड़ी
Source: Peter Woodard, Wikimedia Commons.URL:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bird_dropping_spider_Chatswood_West.JPG. License: CC-BY-SA.

5. आठ टाँगों वाली चींटी :

12 अलग-अलग कुलों की मकड़ियाँ बाहरी रंग-रूप तथा व्यवहार में चींटियों की नक़ल करती हैं। इन्हें चींटी-नक़ल मकड़ियाँ कहते हैं। बहुधा यह उन चींटियों की कॉलोनी के आस-पास ही पाई जाती हैं जिनकी ये नक़ल करती हैं। कुछ मकड़ियाँ चींटियों की नक़ल क्यों करती हैं? शोध के अनुसार चींटियों का शिकार करने वाले पक्षी, ततैये तथा पतंगे चींटियों को पकड़ना कम पसन्द करते हैं क्योंकि ये आक्रामक या अखाद्य हो सकती हैं। यदि कोई मकड़ी चींटी की तरह दिखती है तो उसका शिकार भी टल जाता है। कुछ मकड़ियाँ रंग-रूप के अलावा फ़ेरोमोन (एक प्रकार की गन्ध) उत्सर्जित कर उन चींटियों की गन्ध की भी नक़ल कर सकती हैं, जिनकी यह नक़ल करती हैं। ऐसा करके ये कॉलोनी की चींटियों को भ्रमित कर उनका या उनके अण्डों का शिकार कर सकती हैं, जो अन्यथा बहुत सुरक्षित रखे जाते हैं।

चींटी की नक़ल
Source: Karthikeyan S. Licence: Copyright image used with permission.

Poster Design: Vidya Kamalesh

वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उन्होंने जब से एक तम्बू मकड़ी का वास्तुशिल्प रूप से परिपूर्ण जाल देखा, वे इन प्राणियों से चिपक गई थीं। उनकी कुछ सबसे प्रिय यादें भारत के पश्चिमी घाट के हरे-भरे वर्षावनों में पाई जाने वाली मकड़ियों की तलाश करना और उनका दस्तावेज़ीकरण करना रही हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। वह स्नातक विद्यार्थियों को जीवविज्ञान पढ़ाती हैं। शिकारी-शिकार की बातचीत के साथ-साथ मकड़ियों और कीड़ों की नक़ल पर भी काम करती है। कूदने वाली मकड़ियों से उन्हें विशेष लगाव है। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

आँगन में जीवन
मकड़ी बिन्गो

समूहों में बँट जाएँ। अपने आस-पास की जगहों पर देखें। अगर आपको नीचे दी गई मकड़ियों में कोई भी तीन मिल जाएँ तो कहें – बिन्गो!

छलावरण मकड़ी

Credits: Roshan Sahi, copyright image used with permission.

कूदने वाली मकड़ी

फूल पर मकड़ी

चीटीं की तरह दिखने वाली मकड़ी

Credits: Karthikeyan S. License: Copyright image used with permission.

अपने अण्डे के साथ मकड़ी

मकड़ी का भोजन

जाले में मकड़ियाँ

जाले में मकड़ी

Credits: Roshan Sahi, copyright image used with permission.

पत्तों के ढेर में मकड़ी

Source: Adapted from Nature Conservation Foundation's nature education material on birds and trees.

रचनाकार :

वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science

Azim Premji University

आँगन में जीवन
मकड़ी के जाले का अवलोकन

अपनी कक्षा, घर में या बाहर कहीं मकड़ी का जाला खोजें।
कुछ मिनट तक इसका अवलोकन करें।

जाले का चित्र बनाएँ तथा वर्णन करें।

1. यह सरल है या जटिल? यह आड़ा है या खड़ा, सुडौल है या अव्यवस्थित, कीप के आकार का है या तम्बूनुमा? अगर जाला स्पष्ट रूप से नहीं दिखाई दे रहा हो तो उस पर स्प्रे बोतल से थोड़ा पानी छिड़कें ताकि इसे स्पष्टता से देखा जा सके।
2. आपने जाला कहाँ देखा (जमीन पर, पेड़ पर, घर के अन्दर)? क्या जाले के पाए जाने की जगह तथा जाले के प्रकार में कोई पैटर्न दिखाई दिया? उदाहरण के लिए क्या आपने ध्यान दिया कि कीप के आकार के जाले हमेशा घास और झाड़ियों के बीच ज़मीन पर ही बनाए जाते हैं। या क्या यह ध्यान दिया कि गोलाकार जाले, पेड़ों पर ऊँचाई में जहाँ दो शाखाओं के बीच जगह हो वहाँ पर ही बनाए जाते हैं?
3. क्या जाले में कोई मकड़ी दिखाई दी? यदि हाँ, तो वह कहाँ थी और क्या कर रही थी?
4. यदि यह एक सरल जाला है तो अल-सुबह या शाम के समय जब मकड़ी अपना जाला बनाना शुरू करती है तब इसका अवलोकन करें। मकड़ी को अपना पूरा जाला बुनने में कितना समय लगा? और क्या आप मकड़ी द्वारा जाला बनाने की प्रक्रिया का वर्णन कर सकते हो? अपने दोस्तों से चर्चा करें और पता लगाएँ कि क्या जाला बनाने वाली सभी मकड़ियाँ एक जैसी प्रक्रिया अपनाती हैं? और क्या जाला बनाने में सभी को एक समान समय लगता है?
5. क्या जाले में कोई और चीज़ें भी दिखाई दीं? जैसे दूसरी मकड़ियाँ, कीट या कचरा, टहनियाँ, पत्तियाँ?

आवश्यक सामग्री :

स्प्रे बोतल

पेंसिल

काग़ज़

रचनाकार :
वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

जाले की ज्यामिति और गणित

क्या आपने कभी ध्यान दिया है कि मकड़ियों के जालों में कितनी ज्यामितीय आकृतियाँ दिखाई देती हैं?

आवश्यक सामग्री :

1. अलग-अलग आकृति वाले चार या पाँच जाले चुनें।
2. इन जालों के क्षेत्रफल तथा परिधि की तुलना करें। (जैसे गोलाकार जाले को एक गोला, टेंट जाले को एक समलम्ब चतुर्भुज तथा कीप आकार के जाले को एक त्रिभुज माना जा सकता है)।
3. इनमें से कौन-सा जाला कीटों को पकड़ने के लिए ज़्यादा कारगर है या हो सकता है? क्यों?

याद रखें :

अलग-अलग प्रकार के जाले बनाने के सन्दर्भ में मकड़ियों को फ़ायदे-नुक़सान का एक सन्तुलन बनाना पड़ता है। हो सकता है कि बड़ा गोलाकार जाला ज़्यादा शिकार पकड़ने में मददगार हो परन्तु इसको बनाने में अधिक ऊर्जा एवं अधिक मात्रा में रेशम की ज़रूरत होती है। कई गोलाकार जालों का पुनःचक्रण (मकड़ी ख़ुद अपने जाले को खा जाती है) किया जाता है और हर सुबह पुनः बनाया जाता है। दूसरी ओर, ज़्यादा विस्तृत टेंट और कीप आकर के जाले बनाने में कई दिन लगते हैं और मकड़ी द्वारा केवल उन्हीं हिस्सों की मरम्मत की जाती है जो बहुत अधिक क्षतिग्रस्त होते हैं।

रचनाकार :
वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर** : अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

आँगन में जीवन
पत्तियों के कचरे में मकड़ियों की विविधता

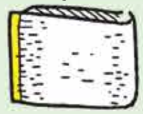
क्या आपको पता है कि पत्तियों का कचरा (पेड़ से गिरी हरी एवं सूखी पत्तियाँ) कई मकड़ियों तथा कीटों (मकड़ियों के भोजन) को आश्रय प्रदान करता है?

याद रखें :

जूते पहने रखना, मकड़ियों और कीटों के साथ नंगे हाथों से काम करने से बचना।

आवश्यक सामग्री :

सफ़ेद कपड़े के 2 टुकड़े



पेंसिल

कुछ काग़ज़

नापने के लिए फीता

पत्तियों के मलबे को इधर-उधर करने के लिए एक लम्बी लकड़ी।

पत्तियों के मलबे में नज़र आ रही सारी मकड़ियों को कीटों से अलग करने का प्रयास करें। इसके बाद रंग, आकार, टाँगों और व्यवहार के आधार पर इन्हें वर्गीकृत करें।

1. एक पेड़ खोजें जिसकी पत्तियाँ झड़ती हों या ऐसी जगह जहाँ पत्तियों का ढेर सारा कचरा हो।
2. पत्तियों के ढेर में दो क्षेत्र चिन्हित करें – एक 1 वर्ग मीटर का तथा दूसरा 4 वर्ग मीटर का।
3. दोनों चिह्नित क्षेत्रों के पास एक-एक सफ़ेद कपड़ा बिछा दें।
4. सूखी पत्तियों की थोड़ी-थोड़ी मात्रा उठाएँ और जल्दी से इन कपड़ों पर डाल दें।
5. आप देखेंगे कि कीट और मकड़ियाँ पत्तियों में से कपड़े पर रेंग रही हैं। दोनों क्षेत्रों में मिलने वाली मकड़ियों तथा कीटों की गिनती करें। किस क्षेत्र में मकड़ियाँ और कीटों की संख्या ज़्यादा थी?

रचनाकार :
वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर** : अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

आँगन में जीवन
मकड़ी टेरारियम

आवश्यक सामग्री :

एक पुराना लेकिन उपयोग के क़ाबिल एक्वेरियम या प्लास्टिक का पारदर्शी डिब्बा

ध्यान रखें :

मकड़ियों को बिना दस्ताने पहने मत पकड़ना क्योंकि पकड़ते समय अगर वे डरेंगी तो आपकी अँगुली पर काट सकती हैं। इसकी बजाय इनको छिद्रयुक्त ढक्कन वाले प्लास्टिक बॉक्स में ले सकते हैं। साथ ही मकड़ियों के साथ नज़ाकत से काम करना – मकड़ियाँ बहुत नाज़ुक होती हैं और उन्हें आसानी से चोट लग सकती है।

1. एक्वेरियम या डिब्बे में गीली मिट्टी की एक मोटी परत बिछाकर कुछ मज़बूत तथा जल्दी उगने वाले पौधे लगा दें (गमले में उगे पौधे भी लगा सकते हैं)। इसे टेरारियम कहेंगे। हवा की आवाजाही हेतु टेरारियम का मुँह झालीदार कपड़े से ढँक दें।
2. टेरारियम में जाला न बनाने वाली कुछ मकड़ियाँ डाल दें। (घरों की दीवारों पर कूदने वाली मकड़ियाँ मिल सकती हैं, घास वाले क्षेत्र में भेड़िया मकड़ी मिल सकती हैं।)
3. कुछ दिनों के अन्तराल में मकड़ियों के लिए भोजन एकत्रित करना पड़ेगा। ये छोटे-छोटे टिड्डे, ड्रॉसोफिला या मक्खियाँ आदि खाना पसन्द करती हैं। इन्हें एक मछली या तितली पकड़ने वाली जाली की सहायता से पकड़ सकते हैं। ध्यान रहे कि जो कीट आप मकड़ियों को भोजन के रूप में उपलब्ध करवाएँ वे ज़िन्दा हों क्योंकि मकड़ियाँ मृत चीज़ें नहीं खाती हैं!
4. इस व्यवस्था को कई हफ़्तों तक ऐसे ही रखा जा सकता है, बशर्ते की मकड़ियों को खाना मिलता रहे। पौधों पर समय-समय पर पानी का छिड़काव करना होगा – इससे मकड़ियों को भी नमी प्राप्त होगी।
5. मकड़ियों का अवलोकन कर उनके शिकारी व्यवहार के बारे में लिखें। क्या वे सक्रिय शिकारी हैं या अधिकांश सुस्त हैं और बैठकर शिकार की प्रतीक्षा करती हैं? ये ज़्यादा सक्रिय कब होती हैं?

रचनाकार :
वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

आँगन में जीवन
मकड़ी या कीट?

आवश्यक सामग्री :

एक छोटा आवर्धक लेंस (10X)

छिद्रयुक्त (हवा की आवाजाही के लिए) ढक्कन वाले दो पारदर्शी जार

काग़ज़

पेंसिल

1. सावधानीपूर्वक एक मकड़ी और कीट को अलग-अलग पारदर्शी जार में डालें। इस गतिविधि के लिए मृत मकड़ी और कीट का उपयोग भी कर सकते हैं।
2. आवर्धक लेंस का उपयोग कर इन दोनों की तुलना करें। दोनों में क्या-क्या समानताएँ हैं? उन लक्षणों को बताएँ जो दोनों में अलग-अलग हैं?

मकड़ी

कीट

	मकड़ी	कीट
बाह्य कंकाल?		
एंटीना की उपस्थिति?		
पंख की उपस्थिति?		
आँखों की संख्या?		
शरीर खण्डों में विभाजित हैं या नहीं?		
खण्डों की संख्या?		
टाँगों की संख्या?		
जोड़वाले उपांगों की उपस्थिति?		

याद रखें :

मकड़ी/ कीट को नंगे हाथों से न पकड़ें। उन्हें पकड़ने के लिए छिद्रयुक्त ढक्कन वाले प्लास्टिक बॉक्स का उपयोग करें। इसके अलावा, मकड़ी और कीट बहुत ही नाज़ुक होते हैं और उन्हें चोट लग सकती है अतः उनके साथ बहुत ही नज़ाकत से पेश आएँ। एक बार जब मकड़ी और कीट में समानताएँ और अन्तर पता कर लें तो उन्हें पुनः उन स्थानों पर छोड़ दें जहाँ से उठाया था।

रचनाकार :
वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

आँगन में जीवन

मकड़ियों से जुड़े मिथक और स्थानीय क़िस्से-कहानियाँ

1. अपने से बड़ों से बातचीत करके तथा ऑनलाइन शोध द्वारा, कुछ किताबों एवं लेखों की सहायता से यह पता करने का प्रयास करें कि आपकी स्थानीय भाषा में मकड़ी को किस नाम से जाना जाता है।
2. हमें याद है कि हमारे दादा-दादी, नाना-नानी बताते थे कि जब वे जवान थे तब उनके घर की छतें घास-फूस की बनी होती थीं और अकसर उनको बड़ी और ढेर सारे रोएँ वाली मकड़ियाँ देखने को मिलती थीं। तो आप एक पत्रकार बन जाएँ और इन कहानियों को लिख डालें। फिर इस जानकारी का उपयोग करके स्वयं की कोई कविता, कहानी या नाटक बनाएँ और कक्षा के अन्य साथियों के साथ साझा करें।
3. विभिन्न संस्कृतियों में अन्य कई जन्तुओं की तरह मकड़ियों को लेकर भी बहुत सारी पौराणिक कहानियाँ प्रचलित हैं। जब आप मकड़ियों से सम्बन्धित कुछ मिथकों के बारे में शोध कर लें तब अपने पसन्दीदा मिथक का विवरण लिखें। चाहें तो उस पर एक नाटक बनाकर शिक्षकों एवं कक्षा के विद्यार्थियों के समक्ष प्रस्तुत भी कर सकते हैं।

Hindi:
Makadee
मकड़ी

Assamese:
Makaraā
মকৰা

Punjabi:
Makari
ਮੱਕੜੀ

English:
Spider

Marathi:
Koli
कोळी

Tamil:
Cilanti
சிலந்தி

रचनाकार :
वेना कपूर नेचर कंजर्वेशन फ़ाउंडेशन, बेंगलूरु के साथ काम करती हैं। उनसे vera@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।
दिव्या उमा स्कूल ऑफ़ लिबरल स्टडीज़, अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में अध्यापक हैं। उनसे divya.uma@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

वाइल्ड इन द बैकयार्ड

निमेश वेद

आरेफ़ा तहसीन द्वारा लिखित, यह पुस्तक हमें, हमारे घर के पिछवाड़े विचरण करने वाली विभिन्न प्रजातियों से आबाद दुनिया में ले जाती है। इन प्रजातियों को हम अकसर देखते हैं, लेकिन उनके बारे में बहुत कम जानते हैं। प्रत्येक प्रजाति को उसकी आदतों, रेखाचित्रों, क़िस्सों और सवालों के गहन अध्ययन के माध्यम से जीवन्त किया गया है।

शुरुआत

भरपूर लिखने वाली लेखिका, आरेफ़ा तहसीन ने, रज़ा एच. तहसीन के साथ *'दी लैंड ऑफ़ दी सेटिंग सन एंड अदर नेचर टेल्स'* सहित बच्चों के लिए कई किताबें लिखी हैं। पत्र-पत्रिकाओं के लिए स्तम्भ और लेख भी लिखती हैं। वे, वाइल्ड इन द बैक़यार्ड, की शुरुआत एक समर्पण के साथ करती हैं, जो किताबों की दुकानों और जंगलों को एक दिलचस्प तरीक़े से साथ लाता है : ''मेरे पिता को समर्पित, जो मुझे किताबों की दुकान और जंगल में ले गए, दोनों स्थान पर मेरा हाथ थामा, साथ ही मुझे अकेला भी छोड़ दिया।'' शायद ही कोई और पंक्तियाँ इस पुस्तक की भावना को बेहतर पकड़ पातीं।

भूमिका की पहली पंक्ति प्रासंगिक भी है और लुभाने वाली भी : ''हम शायद सोचते हैं कि सूनापन और वन्यजीव जंगलों तक ही सीमित है। लेकिन हमारे अपने घर के पिछवाड़े में भी बहुत सारे जंगली जीव रहते हैं।'' हममें से अधिकांश लोग वन्यजीवों को बड़े अछूते जंगलों से जोड़कर देखते हैं, जो हमारे निवास से बहुत दूर हैं। हालाँकि कई अध्ययनों से पता चला है कि जंगल शायद ही कभी मनुष्यों से रहित अछूते स्थान रहे हैं लेकिन यह धारणा काफ़ी हद तक अपरिवर्तित ही रही है। इससे लोगों को विश्वास हो गया है कि वन्यजीवों को केवल वनों में ही रहना चाहिए; और जंगलों के बाहर देखी जाने वाली किसी भी 'जंगली' प्रजाति को जंगलों में वापस भेज

एक झलक में :

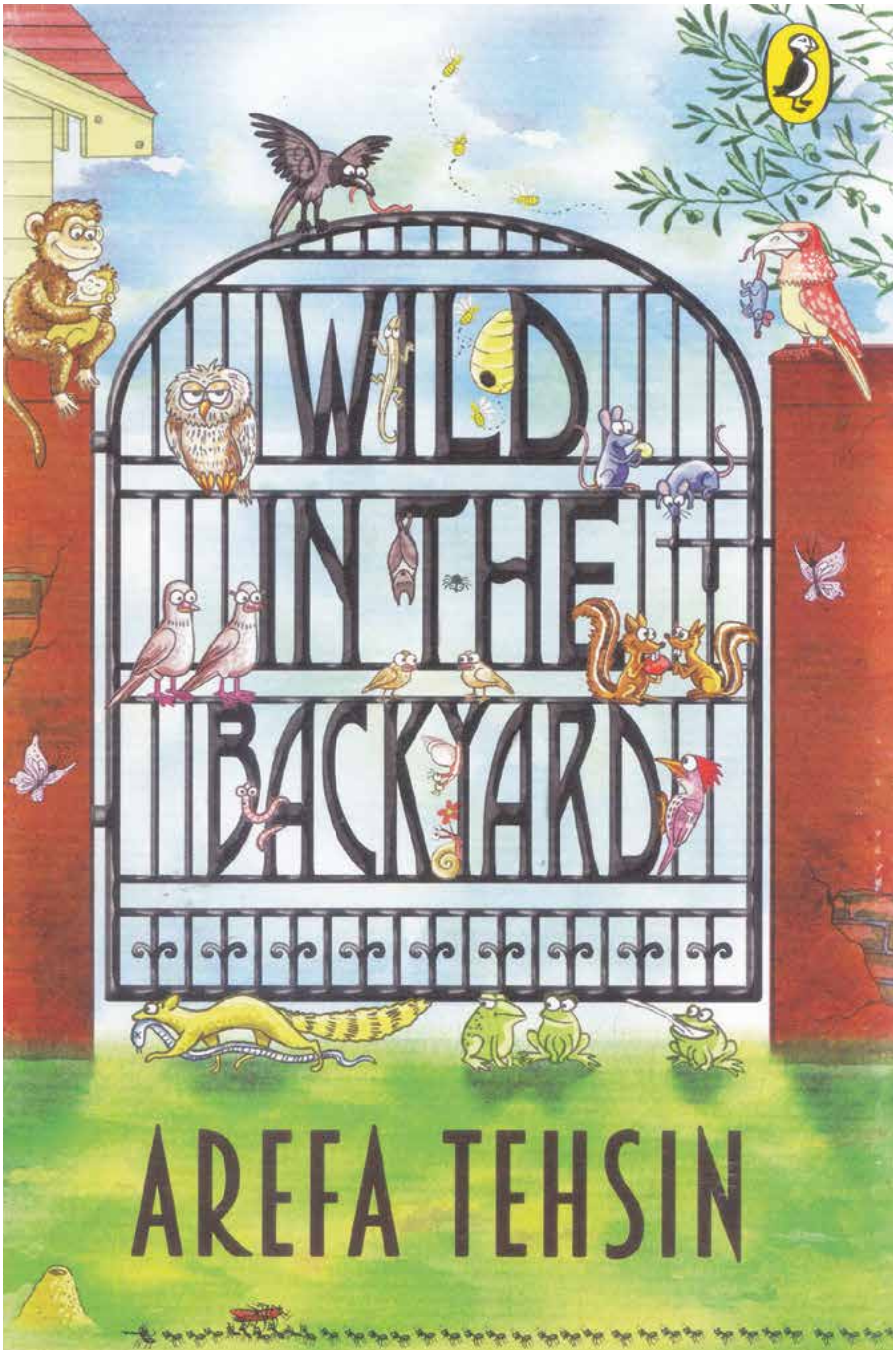
लेखक	:	आरेफ़ा तहसीन
प्रकाशक	:	पफिन बुक्स - पेंगुइन ग्रुप द्वारा प्रकाशित
वर्ष	:	2015
पेज	:	229
अध्याय	:	25

दिया जाना चाहिए या मार देना चाहिए। इस धारणा के चलते हमने उन कई प्रजातियों को अनदेखा किया है जो गाँवों और शहरों में हमारे घर साझा करती हैं। आरेफ़ा की पुस्तक इन दोनों धारणाओं को चुनौती देती है।

ख़ूबियाँ

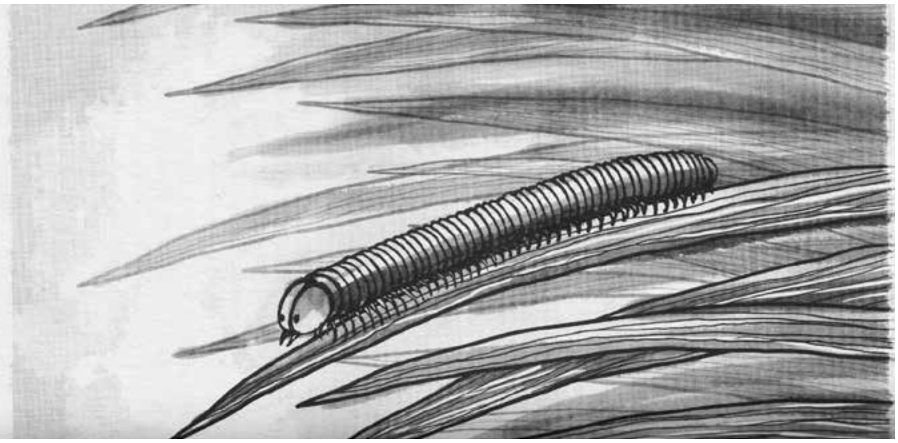
पुस्तक की सबसे बड़ी ख़ूबी यह है कि लेखक प्राकृतिक इतिहास के अपने अनुभवों को बातचीत के रूप में और बड़ी स्पष्टता से साझा करती हैं। उदाहरण के लिए, 'दी डेविल्स ओन' नामक पहला अध्याय युवा पाठकों को चमगादड़ों के जीवन का परिचय स्पष्ट लेकिन सूचनाप्रद विवरणों से करवाता है। काश, इन दिलचस्प स्तनधारियों के बारे में अन्य शैक्षिक सामग्री भी मात्र नीरस आँकड़ों और नामों की भरमार की बजाय इसी शैली में बनाई जा सके। कई मामलों में, लेखिका प्राकृतिक इतिहास की झलकियाँ भी साझा करती हैं जो उनके अधिकांश पाठकों को अवश्य अचम्भित करेंगी। उदाहरण के लिए, 'सेंटीपीड्स : दी हंड्रेड लेगर' अध्याय में कहा गया है कि : *"सेंटीपीड (कनखजूरा) में टाँगों की संख्या 30 से लेकर 300 से अधिक हो सकती हैं, लेकिन 100 कभी नहीं। उसके टाँगों के जोड़ों की संख्या हमेशा विषम होती है... प्रत्येक जोड़ी की टाँगें उससे अगली टाँगों की तुलना में लम्बी होती हैं।"* एक अन्य मामले में, लेखिका ने कुछ रत्न पेश किए हैं। जैसे *"कुछ अति चतुर कैपुचिन बन्दर और लीमर गिंजाई (सहस्रपाद) को छेड़ते हैं और फिर गिंजाई द्वारा छोड़े जाने वाले तरल को अपनी चमड़ी पर रगड़ लेते हैं, जिससे मच्छर दूर भागते हैं!"* यहाँ इस अवलोकन की मानव केन्द्रित मूल्य आधारित व्याख्या का कोई प्रयास नहीं किया गया। उनके लेखन से पाठक अकसर दिलचस्प सवालों पर विचार करने को प्रेरित होते हैं, जैसे : बारिश किसी जीव द्वारा इकोलोकेशन (प्रतिध्वनिस्थान-निर्धारण) का उपयोग करने की क्षमता को कैसे प्रभावित करती है?

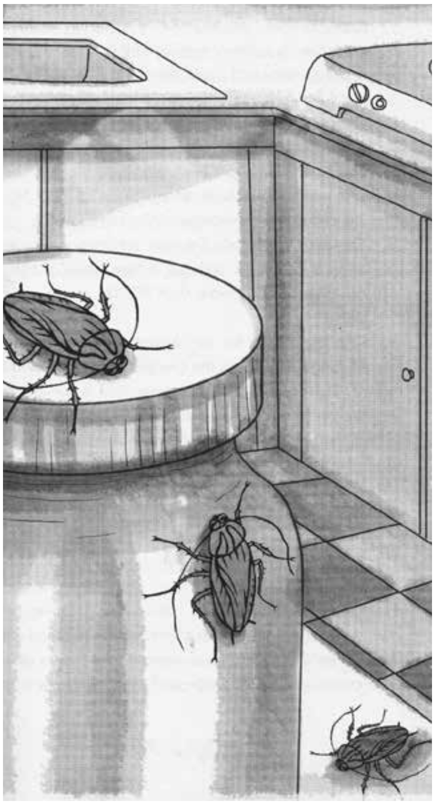
अन्य अध्यायों में, वे पाठकों को जानवरों के व्यवहार पर कुछ और दिलचस्प खोजों से परिचित करती हैं। उदाहरण के लिए 'क्रो : क्राफ्टी क्रो' अध्याय में, लेखिका बताती हैं कि : *"कैसे ऑकलैंड के कुछ वैज्ञानिकों ने अपनी प्रयोगशाला में प्यासे कौवे की कहानी को आज़माने का फैसला किया। याद है न, कौवे की वह कहानी जिसमें कौआ एक घड़े में कंकड़ डालता है ताकि पानी का स्तर बढ़ जाए? इस प्रयोग के परिणाम बताते हैं कि कौवे कुछ कार्यों में, सात-वर्षीय मानव शिशु की तरह चतुर होते हैं!"* इसके साथ वे यह भी जोड़ती हैं कि कैसे कौवे *"ट्रैफ़िक सिग्नल पर काष्ठ फलों (नट्स) को गिराते हैं ताकि गुज़रती कारें नट्स को तोड़ दें।"* कौवों की बुद्धिमत्ता दर्शाते हुए, वे कहती हैं कि *"उसका चिड़िया-दिमाग (birdbrain) है"* जैसे मुहावरों में ज़्यादा दम नहीं है। 'स्क्विरल्स : दी शैडो-टेल्ड' अध्याय में



पुस्तक का मुख्य कवर

Credits: Photographed by Nimesh Ved. License: CC-BY-NC.





पुस्तक से कुछ चित्र

Credits: Photographed by Nimesh Ved.
License: CC-BY-NC.

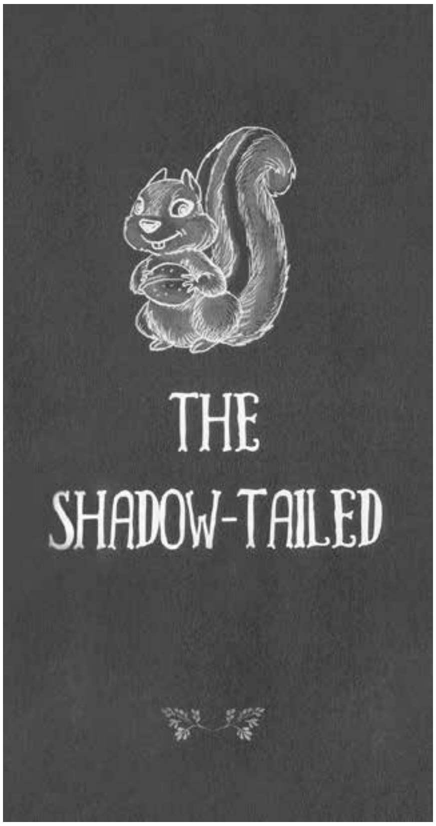
लेखिका बताती हैं कि कैसे अन्धविश्वासों का तर्कसंगत आधार नहीं होता है और इनका खण्डन किया जा सकता है। कुछ अन्य हिस्सों में, वे अपने बाल पाठकों से, इस तरह के पाठ्यांशों के साथ सीधे बात करती हैं :

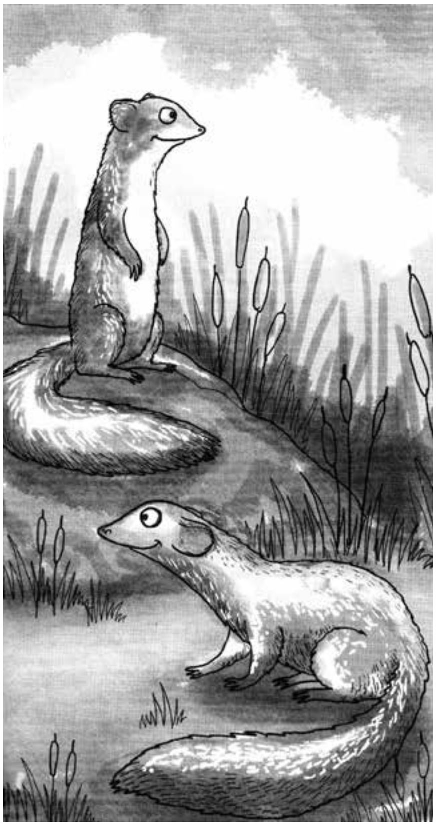
“बन्दरों को अच्छे से पता होता है कि मज़ा कैसे करते हैं! आपको अपने माँ और बाबा को सयाने बन्दरों के पास कुछ सीखने को भेजना चाहिए, जो अपने बच्चों को हर समय मौज़-मस्ती करने देते हैं।”

कुछ ख़ामियाँ

हालाँकि पुस्तक अत्यन्त पठनीय है, पर कुछ त्रुटियाँ हैं जिन्हें टाला जा सकता था। उदाहरण के लिए, ‘रेट्स : रेट्स! हू इज़ देट’, अध्याय में लेखिका ने बाँस में एक साथ फूल आने या *मौतम* की घटना को मिज़ोरम की बजाय ग़लती से नागालैंड का बताया है। एक अन्य हिस्से में, लेखिका जटिल मुद्दों पर अत्यधिक सरलीकृत परिप्रेक्ष्य देने की कोशिश करती हैं। यह उसी अध्याय में मिलता है, जहाँ वह 1960 में मिज़ोरम सशस्त्र आन्दोलन को बाँस में फूल के आने से जोड़ती हैं और इस जुड़ाव के जटिल सामाजिक, राजनीतिक और आर्थिक आयामों की उपेक्षा कर देती हैं। बेहतर होता, अगर लेखिका यह बतातीं कि पुष्पन ने कैसे चूहों को आकर्षित किया है जो खेतों की 90% से अधिक फ़सल चटकर गए थे और इसने न केवल 1960 में अकाल पैदा किया, बल्कि 2007-08 में फिर से वही हुआ।

‘बटरफ्लाई : फ्लटरिंग फैरीस’ के अध्याय में कोई सन्दर्भ दिए बिना बॉम्बे नेचुरल हिस्ट्री सोसाइटी का उल्लेख किया गया है। एक अन्य जगह पर, लेखिका ने सुझाव दिया है कि पाठक अपने घरों में उल्लू का डिब्बा रखने के लिए निवेश करें। क्या यह वास्तव में उल्लू के लिए और उन लोगों के लिए सुरक्षित है जो उन्हें रखते हैं? ऐसे बक्से कहाँ से खरीदें या उल्लुओं को क्या-कैसे खिलाएँ जैसी व्यवहारिक समस्याओं के अलावा,





...पुस्तक से कुछ और चित्र

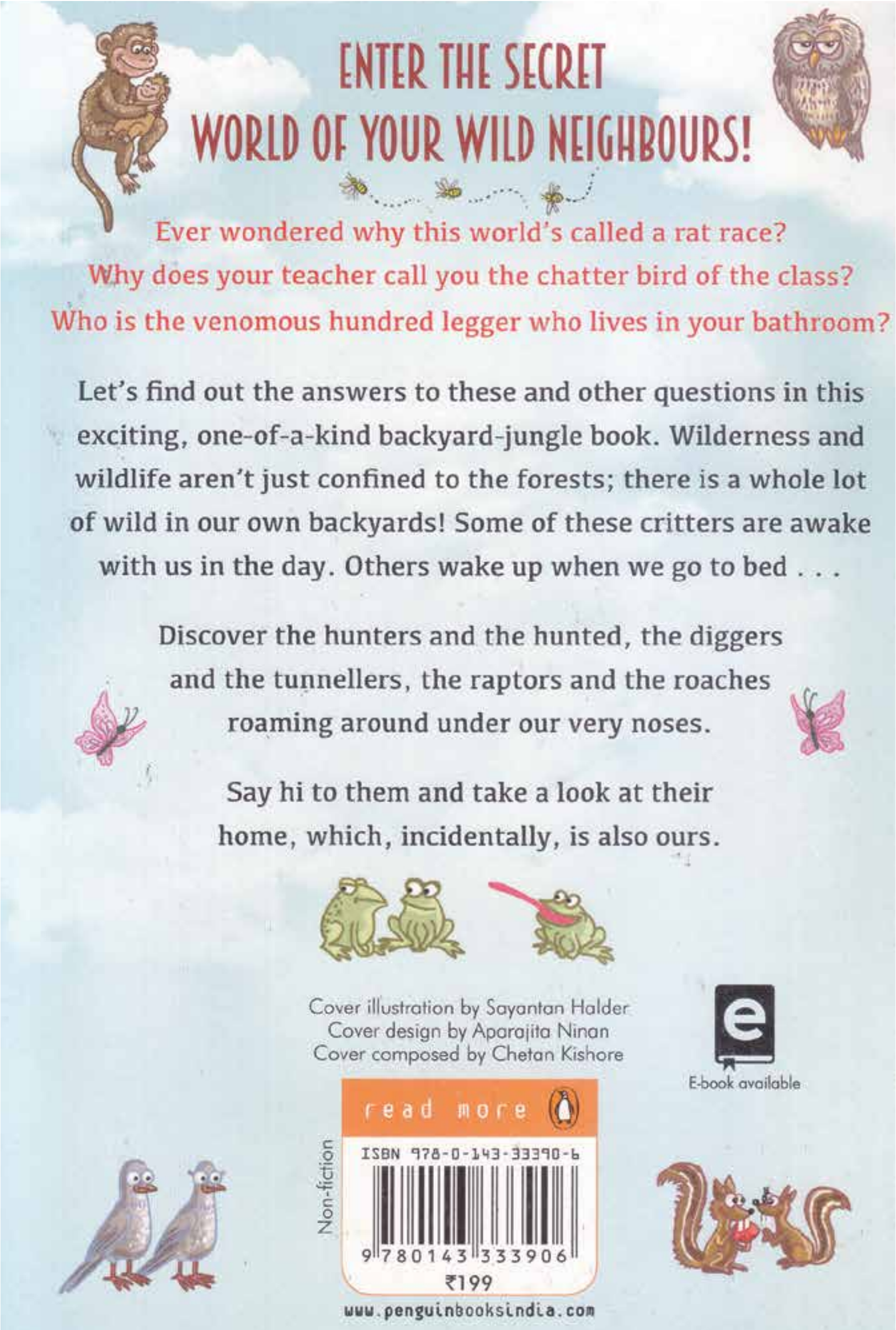
Credits: Photographed by Nimesh Ved.
License: CC-BY-NC.

क्या किसी पक्षी को क़ैद में रखना नैतिक या क़ानूनी रूप से सही है?

यह पुस्तक और अधिक दिलचस्प होती अगर इसमें अधिक भारतीय शब्द होते और उन मान्यताओं और प्रथाओं का वर्णन शामिल होता, जो स्थानीय समुदायों में अपने 'घर के पिछवाड़े में रह रहे जीवों' के बारे में पाई जाती हैं। सन्दर्भ खण्ड भी और समृद्ध हो सकता था!

समापन

इस पुस्तक का आनन्द लेने के कई कारण हैं। सबसे महत्त्वपूर्ण तो लेखिका का लेखन और उनकी अन्तर्दृष्टि है। उदाहरण के लिए, लेखिका मनुष्यों को उनके सिंहासन से नज़ाकत से लेकिन सफलतापूर्वक नीचे उतारती हैं जहाँ हम अकसर स्वयं को वन्यजीवों के सन्दर्भ में रखते हैं : *"ऐसे कई जीव हैं जो हमारे शोर और बेढंगी आदतों के आदी हो गए हैं।"* इसके कुछ पृष्ठों बाद वे कहती हैं : *"अफ़सोस की बात है कि मनुष्य बन्दरों से ज़्यादा, बन्दरों जैसा व्यवहार करते हैं।"* एक अन्य उदाहरण में, लेखिका यह टिप्पणी करती हैं : *"कौन जाने, हम हर दिन अपने सूखे होंठों पर सूखे तिलचट्टे लगा रहे हों!"* इशारा इस ओर है कि कैसे हम अनजाने में कई जन्तु उत्पादों का उपभोग कर रहे हैं। इस तरह लेखिका बिना उपदेश दिए, हमें चेताने में सफल हो जाती हैं। इसके अलावा कई रमणीय सारगर्भित छोटे-छोटे वाक्य हैं, जैसे कि *'नेवला बेधड़क लेकिन शर्मीला होता है'* और *'तितलियाँ दिमाग़ वाली सुन्दरियाँ हैं'*। लेखिका न केवल ग़ैर-उबाऊ तरीक़े से सवाल करती हैं, बल्कि अकसर ऐसे शब्दों का उपयोग भी करती हैं जिनसे शायद युवा पीढ़ी जुड़ पाएगी। लेकिन, मेरे लिए, पुस्तक का मुख्य आकर्षण, कई पारिभाषिक शब्दों की सरल व्याख्याएँ हैं जिनसे हम अकसर रूबरू होते हैं, फिर भी उन्हें छोड़कर आगे बढ़ जाते हैं भले ही हम उनके अर्थ या महत्त्व को न समझे हों।



पुस्तक का पिछला कवर।

Credits: Photographed by Nimesh Ved. License: CC-BY-NC.

यह पुस्तक इनमें से कुछ पारिभाषिक शब्दों पर दुर्लभ सादगी के साथ बात करती है। उदाहरण के लिए, टिड्डियों और टिड्डीदल (locust और grasshopper) के बीच का अन्तर एक ही पंक्ति में प्रस्तुत कर दिया गया है : *"जब वे हज़ारों-लाखों का एक समूह बनाते हैं, तब हम उन्हें टिड्डीदल कहते हैं; और जब वे हमारे बाग़ानों और घास के मैदानों में अकेले रहते हैं, तो हम उन्हें टिड्डा कहते हैं।"*

निमेश वेद को साइकिल चलाने में मज़ा आता है। वे nimesh-ved.blogspot.com पर ब्लॉग लिखते हैं और उनसे nimesh.explore@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

अदम्य विकासवादी : लिन मार्गुलिस

मीनाक्षी पन्त

वैकासिक जीव वैज्ञानिक लिन मार्गुलिस को यूकेरियोटिक कोशिकाओं की उत्पत्ति के क्रमिक अन्त:सहजीवन सिद्धान्त {सीरियल एंडोसिमबायोटिक थ्योरी (सेट)} पर काम के लिए जाना जाता है। यह लेख इस प्रयोग-धर्मी जीव वैज्ञानिक के जीवन के महत्त्वपूर्ण पहलुओं और उनके काम को प्रस्तुत करता है जिसने पृथ्वी पर जीवन को देखने के हमारे नज़रिए को बदल दिया है।

“मेरे हिसाब से, इन्सानों का सजीव पृथ्वी की देखभाल की ज़िम्मेदारी लेने का क़दम हास्यास्पद है – एक शक्तिहीन की लफ़्फ़ाज़ी है। ग्रह हमारी देखभाल करता है, हम इसकी नहीं। एक मनमौज़ी पृथ्वी के मार्गदर्शक बनने या अपने बीमार ग्रह को स्वस्थ करने की हमारी स्व-आरोपित नैतिक अनिवार्यता, आत्म-भ्रम की हमारी अपार क्षमता का प्रमाण है। दरअसल, हमें ख़ुद को ख़ुद से बचाने की ज़रूरत है।”

प्रकृति पर मनुष्यों के आत्म-प्रशंसित वर्चस्व को चुनौती देने वाला यह बहुत साहसी बयान लिन मार्गुलिस द्वारा दिया गया था (**चित्र-1 देखें**)। उन्हें आधुनिक युग के सबसे रचनात्मक वैज्ञानिक सिद्धान्तकारों में से एक माना जाता है, जिन्होंने इस विचार को बदल दिया कि पृथ्वी पर जीवन कैसे विकसित हुआ। प्रसिद्ध सामाजिक-जीवविज्ञानी ई.ओ. विल्सन सहित उनके कई समकालीनों ने विकासवाद के विचार के प्रति उनके समग्र दृष्टिकोण के कारण उन्हें ‘आधुनिक जीवविज्ञान के सबसे सफल संश्लेषक विचारक’ के रूप में स्वीकार किया है।

प्रारम्भिक जीवन और शिक्षा

5 मार्च, 1938 को शिकागो में जन्मी लिन, मॉरिस अलेक्ज़ेण्डर और लियोनी अलेक्ज़ेण्डर की चार बेटियों में सबसे बड़ी थीं। मॉरिस एक वकील और व्यापारी थे तथा लियोनी एक ट्रैवल एजेंसी चलाती थीं। 15 साल की उम्र में लिन ने हाइड पार्क हाई स्कूल से अपनी स्कूली शिक्षा पूरी की और शिकागो विश्वविद्यालय (यूसी) के एक विशेष प्रारम्भिक प्रवेश कार्यक्रम में दाखिला लिया। वहाँ, लिन को कई प्रसिद्ध वैज्ञानिकों के मूल कार्यों को पढ़ने का अवसर मिला, जिसने विज्ञान में उनकी रुचि को आगे बढ़ाया। 1957 में, उन्होंने लिबरल आर्ट्स में स्नातक की उपाधि प्राप्त की और वाल्टर प्लाउट (जो उनके पर्यवेक्षक बनने वाले थे) और हैंस रिस के मार्गदर्शन में जीवविज्ञान का अध्ययन करने के लिए विस्कॉन्सिन विश्वविद्यालय चली गईं। 1960 में, उन्होंने प्राणीविज्ञान और आनुवंशिकी में एमएस की उपाधि हासिल की। इसके बाद उन्होंने मैक्स अलफ़र्ट के मार्गदर्शन में कैलिफोर्निया विश्वविद्यालय में अपना शोध कैरियर शुरू किया और 1965 में डॉक्टरेट की उपाधि प्राप्त की।

लिन को अपना शोध प्रबन्ध पूरा करने से पहले ही पहली नौकरी का ऑफ़र मिला – ब्रैंडिस यूनिवर्सिटी में व्याख्याता और एक शोध सहायक के रूप में। अलबत्ता, वे पीएचडी प्राप्त होने के बाद ही, बोस्टन विश्वविद्यालय गईं, जहाँ उन्होंने 22 वर्षों तक जीवविज्ञान पढ़ाया। उनका यह कैरियर असाधारण रहा, जिसके दौरान वे भूविज्ञान की प्रतिष्ठित प्रोफ़ेसर नियुक्त हुईं और

चित्र-1 : लिन मार्गुलिस।

Credits: Javier Pedreira from La Coruña, Spain, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lynn_Margulis_2005.jpg. License: CC-BY.

2011 में अपनी मृत्यु तक वे इस पद पर रहीं।

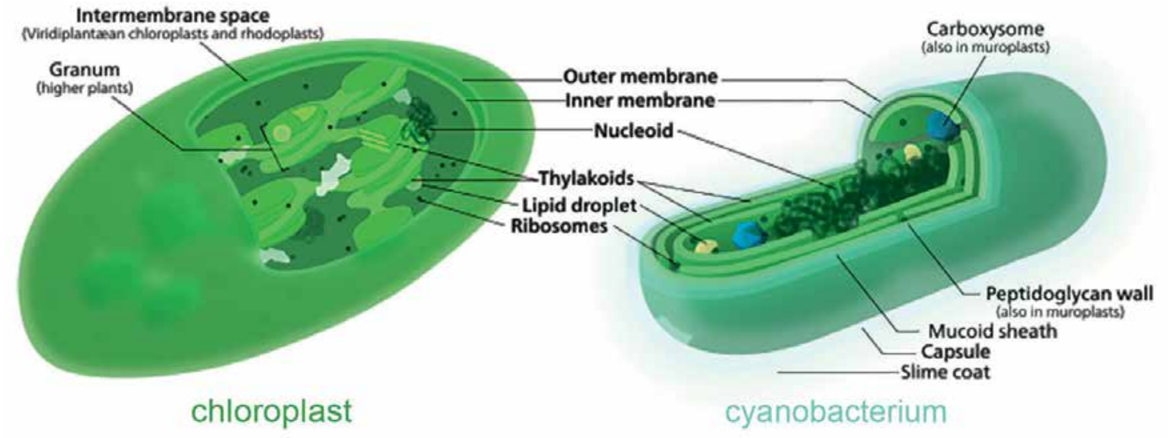
महत्त्वपूर्ण प्रभाव

स्नातक शाला में, लिन अपने शिक्षक जेम्स एफ. क्रो से बहुत प्रभावित थीं, जिन्होंने उन्हें सामान्य और जनसंख्या आनुवंशिकी विषय पढ़ाया था। इस विषय में गहरी रुचि ने उन्हें यह विश्वास दिलाया कि केवल आनुवंशिकी के माध्यम से ही विकास की प्रक्रिया को पुनर्निर्मित किया जा सकता है। वे कोशिकीय प्रजनन के प्रकार के प्रति भी बहुत आकर्षित थीं, जिसमें कोशिका के कोशिका द्रव्य में पाए जाने वाले आनुवंशिक पदार्थ की भूमिका थी।

उस समय आम धारणा यह थी कि डीएनए कोशिका के मात्र केन्द्रक में होता है। लिन ने रुथ सेंगर, फ्रांसिस रयान और ई. बी. विल्सन जैसे जीव वैज्ञानिकों की रचनाओं को खँगाला। अपनी पुस्तक, *दी सेल इन डेवलपमेंट एंड हेरेडिटी*, में विल्सन ने दो कोशिका अंगकों (आर्गेनेल) – हरितलवक (क्लोरोप्लास्ट) और माइटोकॉन्ड्रिया – और मुक्तजीवी बैक्टीरिया के बीच समानताओं पर चर्चा की थी। उनकी क़िताब में कोंस्टेंटिन मेरेज़कोवस्की और इवान वालिन के कार्यों के सन्दर्भ भी थे। विल्सन के अनुसार, रूसी वनस्पतिशास्त्री मेरेज़कोवस्की (1905) जर्मन वनस्पतिशास्त्री एंड्रियास शिम्पर (1883) के अवलोकनों के आधार पर इस धारणा पर पहुँचे थे कि हरे पौधों में हरितलवक का विभाजन, सायनोबैक्टीरिया (**चित्र-2 देखें**) से मिलता जुलता है। अतः उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि हो सकता है कि हरे पौधे दो जीवों के सहजीवी संघ (सिमबायोसिस यूनियन) से उत्पन्न हुए हैं। इसी प्रकार, कोलोराडो विश्वविद्यालय में एक शरीर-रचनाशास्त्री इवान वालिन (1923) ने जन्तुओं में जीवाणुओं के सहजीवन को 'सूक्ष्म-सहजीवी संकुलों की स्थापना' या 'सहजीवनवाद' की संज्ञा दी। इन विचारों को तब तक अधिक मान्यता नहीं मिली जब तक कि स्टॉकिंग और गिफ़ोर्ड (1959) ने नहीं खोज लिया कि लवक (प्लास्टिड्स) और माइटोकॉन्ड्रिया में अपना डीएनए होता है। इस खोज को हैंस रिस और सिंह (1961) जैसे जीव वैज्ञानिकों द्वारा इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की मदद से साइनोबैक्टीरिया और हरितलवक के बीच विस्तृत तुलना से आधार मिला। परिणामस्वरूप, 1960 के दशक में यह खोजबीन फिर शुरू हुई और लिन को अन्तःसहजीवन पर अपने विचारों को आगे बढ़ाने में मदद की।

आगे बढ़ता अन्तःसहजीवन का विचार

1966 में, लिन ने एक पेपर *"ऑन दी ओरिजिन ऑफ़ माइटोसिंग सेल्स"* लिखा, पन्द्रह बार ख़ारिज होने के बाद, यह अन्ततः *जर्नल ऑफ़ थियोरिटिकल बायोलॉजी* के मार्च 1967 के अंक में प्रकाशित हुआ। इस लेख में, लिन ने यूकेरियोटिक कोशिकाओं (कोशिकाएँ जिनमें केन्द्रक झिल्ली से घिरे नाभिक होते हैं) की उत्पत्ति के लिए एक सिद्धान्त प्रस्तावित किया। उन्होंने बताया कि कोशिका के तीन घटक – अर्थात इसकी हरितलवक (पादप कोशिकाओं की विशेष संरचनाएँ जो प्रकाश संश्लेषण में शामिल होती हैं), माइटोकॉन्ड्रिया (कोशिकाओं के ऊर्जा पैदा करने वाले हिस्से) और बेसल बॉडी [कशाभिका (फ्लेजेलम) को जन्म देने वाली संरचनाएँ] – एक समय में मुक्त-जीव हुआ करते थे (**चित्र-3 देखें**)। जैसे लिन ने प्रस्तावित किया कि माइटोकॉन्ड्रिया की उत्पत्ति वायु-श्वसन में सक्षम एक जीवाणु से हुई थी।



चित्र-2 : मार्गुलिस का अन्तःसहजीवन सिद्धान्त वनस्पतिशास्त्री मेरेशकोव्स्की द्वारा हरितलवक (क्लोरोप्लास्ट) और साइनोबैक्टीरिया के बीच समानता की तुलना से प्रभावित था।

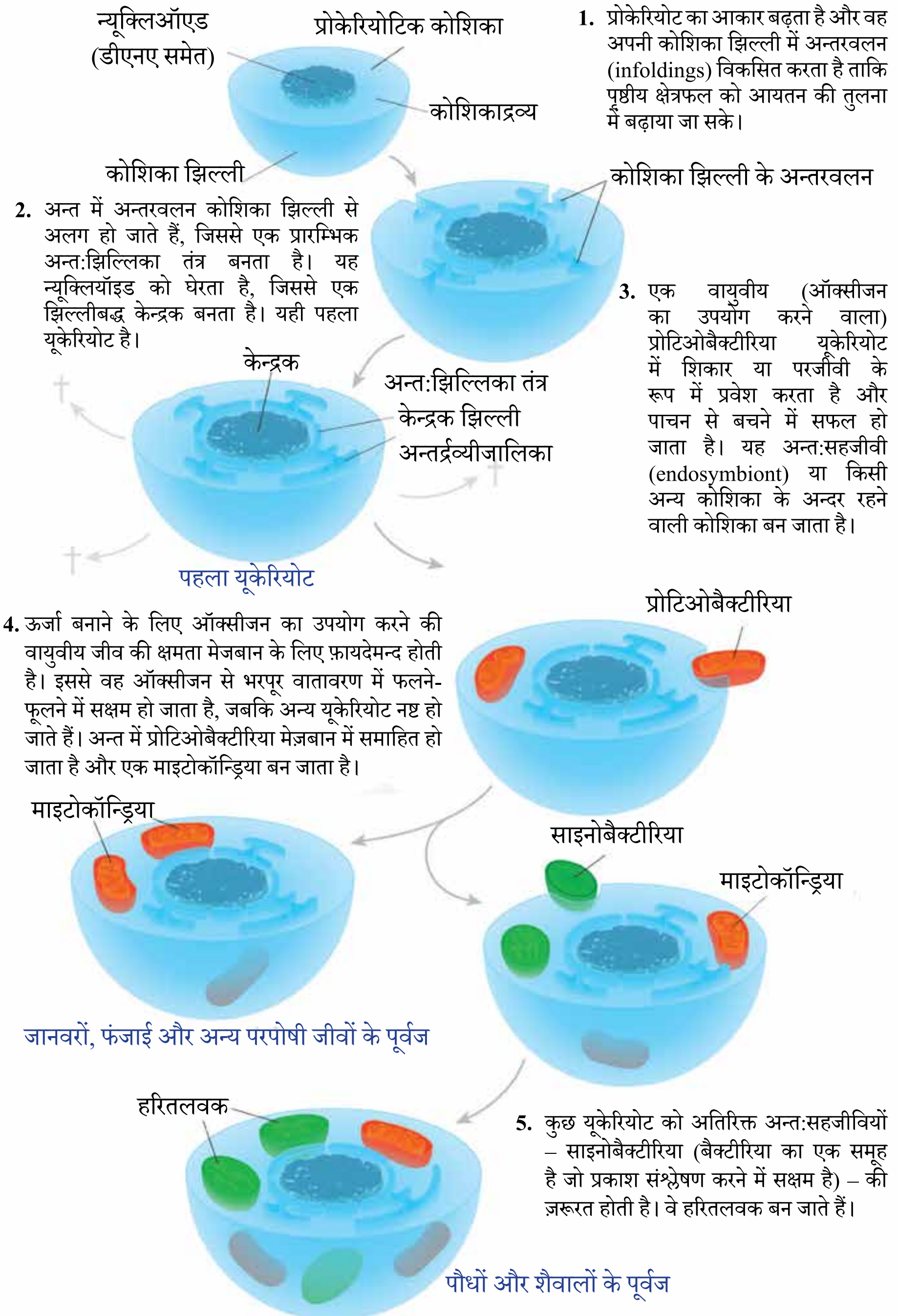
Credits: Kelvin13, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chloroplast-cyanobacterium_comparison.svg. License: CC-BY-SA.

उद्विकास के किसी चरण में, इन जीवों में से प्रत्येक ने आरम्भिक यूकेरियोटिक कोशिकाओं में प्रवेश किया होगा और तब से स्थायी रूप से वहाँ निवास कर रहे हैं। उन्होंने कहा कि इन जीवों और आरम्भिक यूकेरियोटिक कोशिकाओं के बीच परस्पर क्रिया से नए 'संकर' जीवों का विकास हुआ जिनमें ऐसे घटक थे जो सर्वथा अनूठी जीवन प्रक्रियाएँ सम्पन्न करते थे। श्रम के इस विभाजन के परिणामस्वरूप, आगे और जटिल जीवन रूपों का विकास शुरू हुआ। इस प्रकार, जबकि 'सहजीवन' शब्द का उपयोग दो जीवों के घनिष्ठ सम्बन्ध को दर्शाने के लिए किया जाता है, 'अन्तःसहजीवन' से तात्पर्य है दो अलग-अलग जीवों का विलय होकर एक इकलौते नए जीव का निर्माण। इस विचार की व्याख्या 1970 में प्रकाशित उनकी पुस्तक *'ओरिजिन ऑफ़ यूकेरियोटिक सेल्स'* में विस्तार से की गई थी।

जीवाणु बतौर एक शत्रु?

जीवाणु को हमेशा, विभिन्न रोगों के कारण के रूप में चिह्नित किया जाता रहा है जो दवा के आधुनिक हथियारों से परास्त होने के लिए प्रतीक्षारत हैं। इसके विपरीत, लिन ने लगातार इस विचार को बढ़ावा दिया कि जीवाणु पृथ्वी के जैवमण्डल के कम प्रशंसित डिज़ाइनर हैं। उनके विचार में, बैक्टीरिया पृथ्वी पर जन्तुओं या अन्य पौधों के प्रकट होने से पहले, लगभग 200 करोड़ वर्षों तक विकास की प्रक्रिया के अधीन थे। जीवाणुओं ने न सिर्फ़ जीवन को बनाए रखने वाली सारी महत्त्वपूर्ण जीवन प्रक्रियाओं (प्रकाश संश्लेषण से श्वसन तक) को स्थापित करने में मदद की, बल्कि महत्त्वपूर्ण जैविक अणुओं (डीएनए, आरएनए, प्रोटीन आदि) की उत्पत्ति में भी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई। लिन के अनुसार, जीवाणु मुख्य रूप से एक-दूसरे के साथ जीन को साझा करने और सहजीवी सम्बन्ध बनाने से विकसित हुए हैं न कि अस्तित्व के लिए प्रतिस्पर्धा से।

2002 में प्रकाशित *एक्वायरिंग जीनोम्स : ए थ्योरी ऑफ़ द ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज़* में



चित्र-3 : क्रमिक अन्त:सहजीवन के माध्यम से यूकेरियोटिक कोशिकाओं की उत्पत्ति।

Credits: Kelvin13, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Serial_endosymbiosis.svg. License: CC-BY-SA.

लिन ने तर्क दिया कि विभिन्न प्रजातियों के जीवों के बीच सहजीवी सम्बन्ध विकास की प्रक्रिया का संचालन करते हैं। इस तर्क ने नव-डार्विनवाद की विचारधारा को चुनौती दी जिसमें सुझाव दिया गया था कि वंशानुगत विविधता मुख्य रूप से किसी जीव के जीन में बेतरतीव परिवर्तनों (उत्परिवर्तनों) से उत्पन्न होती है। लिन के सिद्धान्त के अनुसार, ऐसे उत्परिवर्तन और बाद की पीढ़ियों में उनका संचय, यह समझाने के लिए पर्याप्त नहीं है कि

चित्र-4 : लिन मार्गुलिस ने अपने बेटे डोरियन सैगन के साथ सह-लेखक के रूप में कई पुस्तकें लिखीं।

Credits: Tom Munnecke, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/munnecket/2279221930. License: CC-BY-NC.

विरासत में मिली विविधताएँ कैसे पैदा होती हैं। बल्कि, उन्होंने तर्क दिया कि वंशानुगत भिन्नता में विभिन्न प्रजातियों के जीवों के जीनोम (किसी भी जीव की प्रत्येक कोशिका में मौजूद आनुवंशिक सामग्री का पूरा समूह) का संलयन ज़िम्मेदार होता है।

लिन को अपने क्रान्तिकारी विचारों के लिए, 1960 और 1970 के दशकों में काफ़ी आलोचना और कभी-कभी तो उपहास का सामना करना पड़ा, लेकिन वे अपने सिद्धान्त पर कायम रहीं। आज, कई जीव वैज्ञानिक यूकेरियोटिक कोशिका के विकास के इस असाधारण दृष्टिकोण को 20वीं शताब्दी में विज्ञान की एक उपलब्धि मानते हैं। यह विश्वास ह्यूमन जीनोम प्रोजेक्ट के निष्कर्षों से और प्रबल हो जाता है जो दिखाते हैं कि मानव जीनोम के काफ़ी सारे हिस्से जीवाणु या विषाणु उत्पत्ति के हैं। इसके अलावा, जीनोम-मानचित्रण तकनीकों से पता चला है कि प्रमुख वर्गीकरण समूहों के वंश-वृक्ष बड़े पैमाने पर क्रॉस-लिंक प्रतीत होते हैं, सम्भवतः जीवाणु के माध्यम से जींस के स्थानान्तरण के कारण ऐसा हुआ, जैसा कि लिन मार्गुलिस का पूर्वानुमान था।

गेइया परिकल्पना को समर्थन

जीवविज्ञान को लेकर लिन के इस समग्र दृष्टिकोण ने उन्हें ब्रिटिश जीव वैज्ञानिक जेम्स लवलॉक (1968) द्वारा प्रस्तावित गेइया (पृथ्वी की यूनानी देवी का नाम) परिकल्पना का समर्थन करने को प्रेरित किया। इस परिकल्पना के अनुसार, पृथ्वी एक स्व-नियामक जीवित इकाई है जो एक एकीकृत समष्टि के रूप में काम करती है जिसमें सारे जीव परस्पर क्रिया करते हुए जीवन को निरन्तर रखने के लिए आवश्यक परिस्थितियों का निर्माण करते हैं। लिन के दिमाग में अन्तःसहजीवन और गेइया एक एकीकृत इकाई के घटक थे जो प्रतिस्पर्धा की बजाय परस्पर सहयोग पर आधारित थे।

अलबत्ता, इस परिकल्पना के प्रति लिन का उत्साह बाक़ी वैज्ञानिक समुदाय द्वारा साझा नहीं किया गया। कई वैज्ञानिकों ने *'गेइया, ए न्यू लुक ऑन अर्थ'* पुस्तक में लवलॉक के दृष्टिकोण को प्रयोजनवादी यानी यह धारणा कि सभी चीज़ों का पूर्व-निर्धारित उद्देश्य होता है, बताकर इसकी आलोचना की। स्टीफ़न जे. गोल्ड ने गेइया की आलोचना यह कहकर की कि यह पृथ्वी पर प्रक्रियाओं का एक प्रतीकात्मक वर्णन है जिसमें स्व-विनियमन की वास्तविक क्रियाविधि को स्पष्ट नहीं किया गया है। यह समझते हुए कि इस परिकल्पना की ज़्यादातर आलोचना इसके लिखने के तरीक़े की वजह से है, लवलॉक ने उसकी पुस्तक में परिकल्पना में से प्रयोजनवादी तत्वों को हटाने के कई प्रयास किए।

अपनी पुस्तक *दी सिमबायोटिक प्लैनेट* में लिन ने गेइया के व्यक्तिकरण का खण्डन किया और ज़ोर दिया कि गेइया "एक जीव नहीं है", बल्कि "जीवों के बीच अन्तर्क्रियाओं का एक एमर्जेंट गुण" है। लेकिन, लिन द्वारा इस अति-आलोचित परिकल्पना का समर्थन करने से उन्हें वैज्ञानिक समुदाय से काफ़ी नाराज़गी मिली।

आज, यह परिकल्पना काफ़ी विकसित हो गई है, एक व्यवहारिक और परीक्षण योग्य वैज्ञानिक परिकल्पना या सिद्धान्त बन गई है। कुछ वैज्ञानिक यह भी मानते हैं कि गेइया परिकल्पना हमें कई जटिल पर्यावरणीय समस्याओं की बेहतर समझ प्रदान करती है।

व्यक्तिगत जीवन

1957 में, लिन ने प्रसिद्ध खगोलशास्त्री कार्ल सैगन से शादी की, जिनसे उनकी मुलाक़ात शिकागो विश्वविद्यालय में अध्ययन के दौरान भौतिकी स्नातक विद्यार्थी के रूप में हुई थी। इस दम्पति के दो बेटे थे - डोरियन सैगन, विज्ञान के एक प्रसिद्ध लेखक थे (**चित्र-4 देखें**), जबकि जेरेमी सैगन ने 'सैगन टेक्नोलॉजी' की स्थापना की। सात साल बाद लिन और सैगन का तलाक़ हो गया था। फिर, 1967 में, लिन ने क्रिस्टलोग्राफ़र थॉमस एन मार्गुलिस से शादी की, जिनके साथ उनके दो बच्चे हुए। लेकिन, 1980 तक यह दूसरी शादी भी समाप्त हो गई थी। जब लिन से उनके असफल विवाहित जीवन के बारे में पूछा गया, तो उन्होंने कहा कि एक साथ एक पत्नी और एक वैज्ञानिक के कर्तव्यों को सन्तुलित करना सम्भव नहीं था - हमें किसी एक चीज़ पर ध्यान केन्द्रित करने के लिए दूसरी को खोना पड़ता है।

आजीवन, लिन ने विज्ञान शिक्षा की वक़ालत की, विशेष रूप से कम विकसित देशों के लिए। दुनिया भर के विद्यार्थियों से उन्हें प्रशंसा और आदर मिला। उनका मत था कि विद्यार्थियों को जितना अधिक जीवन का आधार टटोलने को प्रोत्साहित किया जाएगा, उतना ही वे अपने आस-पास कई सहजीवी सम्बन्धों को समझेंगे और अन्ततः जैव-विकास की अवधारणा को समझेंगे। उन्होंने कहा, "*यदि आप वास्तव में विकास का अध्ययन करना चाहते हैं, तो कभी-कभी आपको बाहर जाना होगा, क्योंकि आप हर जगह सहजीवन देखेंगे!*" लिन ने कई संगठनों और समितियों के सदस्य के रूप में दुनिया भर में अपने विचार रखे। उन्होंने नासा के साथ काम किया और कई क़िताबें, फ़िल्म स्क्रिप्ट और लेख लिखे। उदाहरण के लिए, *'सिमबायोसिस इन सेल इवोल्यूशन'* (1981), *'ओरिजिंस ऑफ़ सेक्स : थ्री बिलियन इयर्स ऑफ़ जेनेटिक रिकॉम्बिनेशन'* (1986), *'माइक्रोकॉस्मोस कलरिंग बुक'* (1988), *'मिस्ट्री डांस : द इवोल्यूशन आफ ह्यूमन सेक्सुअलिटी'*

(1991), *'व्हाट इज़ लाइफ?'* (1995) और *'सिमबायोटिक प्लैनेट'* (1998) वग़ैरह।

पुरस्कार और सम्मान

लिन को अपने योगदान के लिए कई सम्मान मिले। वे नेशनल एकेडमी ऑफ़ साइंसेज़ और द रशियन एकेडमी ऑफ़ नेचुरल साइंसेज़ दोनों के लिए चुनी गईं। उन्हें कई विश्वविद्यालयों से डॉक्टरेट की मानद उपाधियाँ प्राप्त हुईं। मार्च 2000 में, राष्ट्रपति बिल क्लिंटन ने उन्हें अमेरिकी राष्ट्रीय विज्ञान पदक प्रदान किया। 2008 में, उन्हें 'डार्विन-वालेस मेडल ऑफ़ द लीनैयन सोसाइटी ऑफ़ लंदन' से सम्मानित किया गया। उनके शोधपत्र स्थायी रूप से लायब्रेरी ऑफ़ काँग्रेस में संग्रहित हैं। उनकी असामयिक मृत्यु के कुछ दिन पहले, उन्हें बीस सबसे प्रभावशाली वैज्ञानिकों की सूची में शामिल किया गया था – इस सूची में मात्र दो महिलाएँ थीं। सूची में जेम्स वाटसन, जेन गुडाल और स्टीफन हॉकिंग जैसे वैज्ञानिक शामिल थे। 22 नवम्बर, 2011 को, लिन मार्गुलिस की रक्तस्रावी स्ट्रोक से मृत्यु हो गई। वे 73 वर्ष की थीं। पत्रिका डिस्कवर के अप्रैल 2011 अंक में प्रकाशित एक साक्षात्कार में, उनसे पूछा गया था कि "क्या आप कभी विवादास्पद कहे जाने से खीझी हैं?" लिन मार्गुलिस ने जवाब में कहा था कि : "मैं अपने विचारों को विवादास्पद नहीं मानती। मैं उन्हें सही मानती हूँ।" वैकासिक जीवविज्ञान की इस महान प्रवर्तक का यह दृढ़ विश्वास था, जिसने इस ग्रह पर जीवन के विकास के रहस्यों को सुलझाने के लिए अथक काम किया।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Lynn Margulis, Distinguished University Professor in the Department of Geosciences at the University of Massachusetts-Amherst speaks during the "Seeking Signs of Life" Symposium, celebrating 50 Years of Exobiology and Astrobiology at NASA, Thursday, Oct. 14, 2010, at the Lockheed Martin Global Vision Center in Arlington, Va. Credits: NASA HQ PHOTO, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/nasahqphoto/5081810526. License: CC-BY-NC-ND.

मीनाक्षी पन्त वर्तमान में अज़ीम प्रेमजी फ़ाउंडेशन के राज्य संस्थान, देहरादून में विज्ञान स्रोत व्यक्ति के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने पर्यावरणीय जीवविज्ञान में स्नातकोत्तर डिग्री और शिक्षा में स्नातक की उपाधि प्राप्त की है। उन्होंने 15 साल तक स्नातकोत्तर शिक्षक (जीवविज्ञान और पर्यावरण विज्ञान) के रूप में काम किया है और वे वन्यजीवों और इनके संरक्षण के प्रति जुनूनी हैं। उनसे meenakshi.pant@azimpremjifoundation.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

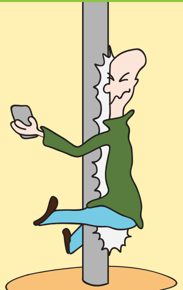
अनुवाद : प्रमोद मैथिल **पुनरीक्षण** : सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

खोजबीन

चेतना की मुश्किल समस्या

रीतिका सूद

दिमाग़ की भौतिक संरचना में क्या चीज़ है जो इसे व्यक्तिपरक अनुभवों के लिए सक्षम बनाती है? और हमें व्यक्तिपरक अनुभव होते ही क्यों हैं? इस प्रकार के प्रश्नों को चेतना की 'मुश्किल समस्या' के रूप में जाना जाता है। इन प्रश्नों ने हज़ारों वर्षों से वैज्ञानिकों और दार्शनिकों को उलझाए रखा है। क्या हम इनके जवाब के ज़रा भी क़रीब हैं?



आपकी चेतना — यह वही है जो आपको, आप बनाती है।

हम न केवल स्वयं में बल्कि दूसरों में भी चेतना को पहचानते हैं। आप सजग होते हैं कि आप यहाँ बैठे हैं, इस पत्रिका को पढ़ रहे हैं। जब आप सड़क पर देखते हैं, तो आप जानते हैं कि अन्य लोग जीवन की गतिविधियों में मशग़ूल हैं। हो सकता है आप किसी को चलते-चलते अपना फ़ोन चेक करते हुए देखें इस बात से बेख़बर कि वह एक खम्भे से भिड़ने वाला है।

किसी भी समय और हर पल, चेतना आपके अनुभवों का योग है — आप कैसा महसूस करते हैं और आप कैसा महसूस करते हैं इस बारे में क्या सोचते हैं।

आप महसूस कैसे करते हैं : व्यक्तिपरक भावनाओं के तंत्रिकीय आधार

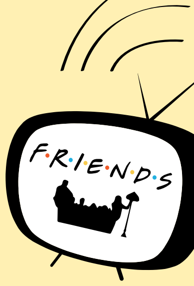
शारीरिक या भावनात्मक किसी भी संवेदना की जड़ें दिमाग़ के कामकाज में होती हैं। यह बात हम हिप्पोक्रेट्स (पाँचवीं शताब्दी ईसा पूर्व) के समय से जानते हैं, जिन्होंने देखा था कि दिमाग़ की क्षति वाले लोग सजग रहने की क्षमता[1] या जिसे हम 'सचेत रहना' कहते हैं, खोने लगते हैं।

आइए साइकोसिस पर नज़र डालें — एक ऐसी स्थिति जिसके कारण मरीज़ को आस-पास के लोगों की तुलना में दुनिया अलग लगती है।[2] यह विभ्रम (हेलुसिनेशन) जैसा हो सकता है (किसी व्यक्ति या वस्तु को देखना/ सुनना, जो वहाँ नहीं है) या मतिभ्रम (कोई ग़ैर तार्किक विचार जो वास्तविकता पर आधारित न हो, उदाहरण के लिए, किसी मरीज़ को यकीन हो सकता है कि उसका परिवार दवाओं या भोजन के माध्यम से उसे ज़हर देने की कोशिश कर रहा है)। विभ्रम या मतिभ्रम कई तरह के मस्तिष्क रोगों के कारण हो सकते हैं, जो दिमाग़ को भौतिक और रासायनिक रूप से बदल देते हैं। अर्थात, दिमाग़ में परिवर्तन इस बात पर असर डालते हैं कि हम अपने आपको और अपने आस-पास की दुनिया को कैसे महसूस करते हैं।

तंत्रिका विज्ञान (न्यूरोसाइन्स) में प्रगति ने हमारे लिए इस बारे में बहुत कुछ जानना सम्भव बना दिया है कि दिमाग़ आने वाली जानकारी को कैसे सहेजता है। हम यह भी जानते हैं कि दिमाग़ इस जानकारी के प्रति सजग होता है। दिमाग़ यह सब कैसे करता है? और यह क्षमता क्यों मौजूद है? यह सब हमारे लिए हमेशा से एक अबूझ पहेली रहा है और इसलिए, वैज्ञानिक और दार्शनिक दोनों ने इसे 'चेतना की कठिन समस्या' के रूप में सही संज्ञा दी है।

चेतना की 'कठिन समस्या' क्या है?

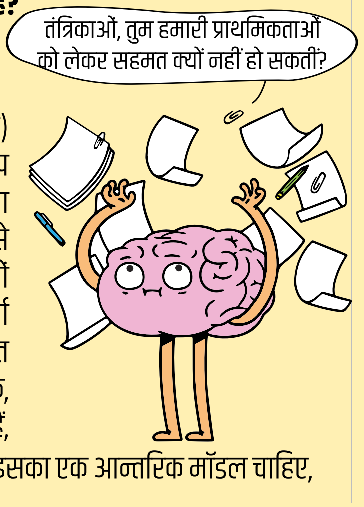
एक टीवी कार्यक्रम 'फ्रेंड्स' के एक एपिसोड में, एक क़िरदार ने अपनी मानसिक स्थिति का वर्णन इन शब्दों में किया था : 'मुझे लगता है, मानो कोई मेरे गले में उतरा, मेरी छोटी आँत को बाहर निकाला और उसे मेरे गले के इर्द-गिर्द लपेट दिया!' यह समझना कठिन नहीं है कि यह क़िरदार निराशा से भरा हुआ है या आमतौर पर अपने जीवन से मायूस है। यहाँ भावनाएँ है और फिर, उन भावनाओं के 'अनुभूत लक्षण' हैं (जिसमें शामिल है, उसके शब्द क्या मानसिक छवियाँ निर्मित करते हैं) और ये एक जैसी परिस्थितियों में होते हुए भी अलग-अलग व्यक्तियों के लिए अलग-अलग हो सकती हैं।) आधुनिक तंत्रिका विज्ञान ने दिमाग़ के उन परिपथों का विवरण देने में प्रभावशाली प्रगति की है, जो हमारे शारीरिक और भावनात्मक एहसासों को संचालित करते हैं — यह अपेक्षाकृत 'आसान समस्या' है। जबकि अनुभव के बारे में सवाल, तथाकथित 'कठिन समस्या' अभी भी हमारी समझ से परे है कि क्यों और कैसे दिमाग़ की गतिविधियाँ व्यक्तिपरक अनुभव पैदा करती हैं। तो देखते हैं कि आज-कल वैज्ञानिक कैसे इस सदियों पुराने रहस्य का जवाब खोजने की कोशिश कर रहे हैं?



Magic mushrooms: ***Psilocybe semilanceata***
Credits: Sasata. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Psilocybe_semilanceata_6514.jpg. License: CC-BY-SA.

लन्दन (यूके) के इंपीरियल कॉलेज के डॉ. रॉबिन करहार्ट-हैरिस भ्रान्तिजनक (साइकेडेलिक) दवाओं की मदद से दिमाग़ (mind) के अस्तित्व की जाँच-पड़ताल कर रहे हैं। 'साइकेडेलिक' शब्द का अर्थ है 'आत्मा का प्रकटीकरण'। माना जाता है कि दवा की इस श्रेणी में मन-परिवर्तन सही मायने में दिमाग़ के विस्तार की अतुलनीय क्षमता है। वे कहते हैं, 'मैं इनका अध्ययन करता हूँ क्योंकि ये मानव दिमाग़ की गहराइयों को प्रकट कर सकती हैं।' कुछ कुकुरमुत्तों (मशरूम) में सिलोसिबिन नामक एक साइकेडेलिक पदार्थ होता है, जिसकी वजह से इन्हें 'जादुई मशरूम' भी कहते हैं। वैसे दिमाग़ पर सिलोसिबिन का प्रभाव कोई जादू नहीं है। ब्रेन स्कैन से पता चलता है कि इसकी गतिविधि का पैटर्न सिलोसिबिन के बाद काफ़ी हद तक बदल जाता है, जो 'मुक्त संवाद के क्रियामार्ग' (फ्रीयर कम्युनिकेशन पाथवे) दर्शाता है। करहार्ट-हैरिस कहते हैं, 'हम कुछ प्रमुख तत्वों को उजागर करना शुरू कर रहे हैं कि कैसे भ्रान्तिजनक, चेतना को बदल देते हैं — और ज़्यादा महत्त्वपूर्ण बात तो यह है...कि यह स्वयं दिमाग़ के कामकाज की प्रकृति के बारे में और दिमाग़ से इसके सम्बन्ध के बारे में कुछ मूलभूत बातें बता सकता है।

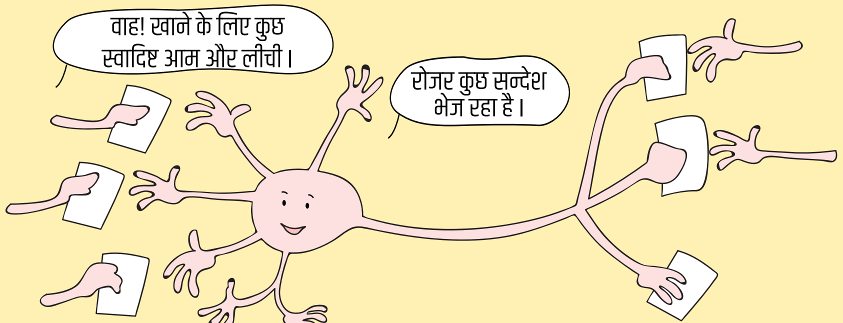
चेतना की वैज्ञानिक समझ हमारे लिए क्यों मायने रखती है?

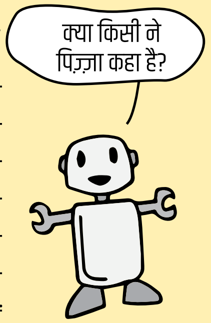


प्रिन्सटन यूनिवर्सिटी (न्यू जर्सी, यूएसए) के अध्यापक डॉ. माइकल ग्राज़ियानो ने इस बारे में कुछ विचार रखे, जिसे वे 'अटेन्शन स्कीमा थ्योरी' (एकाग्रता व्यवस्था का सिद्धान्त) कहते हैं। यह चेतना की व्याख्या एकाग्रता के एक विकसित रूप के अर्थ में करता है। दिमाग़ को कार्य करने के लिए, एकाग्रता अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है — कि किसी भी समय दिमाग़ के कौन-से संसाधनों को और कहाँ निर्देशित किया जाना चाहिए? तंत्रिकाओं के विभिन्न समूह अपने-अपने प्रत्युत्तर देते हैं। प्रतिस्पर्धा अपरिहार्य हो जाती है, जिसमें विजेता तंत्रिका समूह यह निर्धारित करता है कि आप किस चीज़ पर ध्यान देंगे; सिर्फ़ अगले क्षण तक, जब एक अलग विजेता हो सकता है; इत्यादि। ग्राज़ियानो कहते हैं, एकाग्रता को नियंत्रित करने में सक्षम होने के लिए, दिमाग़ को इसका एक आन्तरिक मॉडल चाहिए, चाहें तो आप इसे एकाग्रता का एक नक़्शा कह सकते हैं।

मान लीजिए आप आपको भूख लग रही है और आप एक फल विक्रेता के पास से गुजरते हैं। आपकी नज़र दुकान में रखे रसीले आम और लीची पर पड़ती है और आपके मुँह में पानी आना शुरू हो जाता है — अपनी प्रकृति के चलते, इतनी सरल बात के लिए भी दिमाग़ के भीतर कई क्षेत्रों की सूचनाओं के समेकन की आवश्यकता होती है। बाहर से आने वाली सूचना को ख़ुद के और आस-पास के बारे में जानकारी के साथ जोड़ना होगा। व्यवहार — अपने ख़ुद के और दूसरों के बारे भविष्यवाणी करने के लिए एकाग्रता बहुमूल्य है। ग्राज़ियानो कहते हैं, 'अटेन्शन स्कीमा थ्योरी में, जागरूकता यही काम करती है — एकाग्रता की सतत बदलती स्थिति का वर्णन करना।'

ग्राज़ियानो के अनुसार, हम ऐसे भविष्य से दूर नहीं हैं जहाँ चेतना के बारे में ज्ञान लगभग सभी मनुष्यों पर लागू होगा। आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (कृत्रिम बुद्धि) अब केवल फ़िल्मों का मसाला नहीं रह गया है। गूगल और फेसबुक पिछले कुछ समय से आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस सॉफ्टवेयर का इस्तेमाल कर रहे हैं। जैसे-जैसे मशीनें सूचना के प्रसंस्करण में अधिक-से-अधिक परिष्कृत होती जाएँगी, हम एक दिन, क्या ऐसी मशीनें बना सकेंगे जो 'महसूस' कर सकती हों या 'सचेत' हों? ग्राज़ियानो का मानना है, चेतना दरअसल इंजीनियरिंग का विषय है — जो किसी जटिल प्रोसेसिंग मशीन का अपरिहार्य लक्षण है। हालाँकि अभी भी इसका परीक्षण किया जाना बाक़ी है, लेकिन न्यूरोमोर्फ़िक चिप्स[5] विकसित करने में उल्लेखनीय प्रगति हो रही है। दिमाग़ जैसी संरचना पर आधारित ये कम्प्यूटिंग तंत्र इस तरह डिज़ाइन किए गए हैं कि इनमें सूचना को प्रोसेस करने की क्षमता के साथ-साथ अनुभव से सीखने की क़ाबिलियत भी हो। यदि अटेन्शन स्कीमा थ्योरी की यह बात सही है कि आन्तरिक मॉडल वास्तव में मानव मस्तिष्क में चेतना का प्रवर्तन करते हैं, तो एक दिन ऐसी मानव निर्मित मशीनों में इसका समावेश सम्भव हो सकता है!





और पढ़ने के लिए

1. Consciousness and the social brain. Michael Graziano. Oxford University Press, 2013.
2. Definition of psychosis: http://www.nhs.uk/conditions/psychosis/pagesAntroduction.aspx
3. Risky research could herald mindful revolution. Andrew Czyzewski. URL: http://www3.imperial.ac.uk/newsandevents pggrp/imperialcollege/newssummary/news_27-9-2016-17-49-23. Accessed May21.
4. How consciousness evolved. Michael Graziano. URL: htlpEJAvwwtheatlantic.com/sdence/archive/2016/06/how-consciousness-evolved/485558/. Accessed May 22.
5.Thinking in Silicon. MIT Review. URL: https://www.technologyreview.com/s/522476/thinking-in-silicon/. Accessed May 23.

Poster Design: Vidya Kamalesh

रीतिका सूद इंडिया बायोसाइंस में शिक्षा समन्वयक हैं। उनकी शिक्षा एक न्यूरोसाइंटिस्ट के रूप में हुई है। वे विज्ञान संचार को लेकर काफ़ी उत्साही हैं।
उनसे reeteka@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

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

i wonder... Rediscovering school science
Azim Premji University

एबीटी : क़िस्सागोई के लिए बस इतना जानना ज़रूरी है

रेंडी ओल्सन

विज्ञान को कहीं अधिक आकर्षक बनाया जा सकता है यदि हम क़िस्सागोई को इसका हिस्सा बना दें। लेकिन, वास्तव में एक कहानी को शुरू कैसे करें? इसका उत्तर "और, लेकिन, इसलिए" (एंड, बट, देयरफ़ॉर) या एबीटी के सार्वभौमिक कथा प्रारूप का उपयोग करने में निहित है।

कहानियाँ हम सभी को पसन्द हैं **और (एंड)** चार हज़ार वर्षों से क़िस्सागोई संचार का सबसे प्रभावी साधन रहा है, **लेकिन (बट)** सब कुछ एक कहानी नहीं है, **इसलिए (देयरफ़ॉर)** क़िस्सागोई की ताकत का उपयोग करने के लिए, हमें वास्तव में यह जानने से शुरुआत करनी चाहिए कि कहानी क्या है और क्या नहीं है। रिज़्यूमे कहानी नहीं होती। समयरेखा कोई कहानी नहीं है। ये तो केवल तथ्यों की सूचियाँ हैं। लेकिन, थोड़े से सम्पादन के साथ, इन्हें कहानी में बदला जा सकता है – इसके लिए बस थोड़ी मेहनत की आवश्यकता होती है।

कहानी की रचना में तीन मुख्य शक्तियाँ शामिल हैं – सहमति (एग्रीमेंट), विरोधाभास (कंट्राडिक्शन), परिणाम (कॉन्सिक्वेंस)। जब ये शक्तियाँ एक साथ आती हैं तब वह बनता है, जिसे कहानियों के **शास्त्रोक्त ढाँचे** (क्लासिकल स्ट्रक्चर) के नाम से जाना जाता है। यह वह ढाँचा है जो हम ज़्यादातर पौराणिक कथाओं, नीतिकथाओं और रूपकों में पाते हैं जो युगों से चला आ रहा है। इस ढाँचे में अनगिनत विविधताएँ उपलब्ध हैं, लेकिन यह सबसे सरल, स्पष्ट और इसलिए सबसे सशक्त है।

शास्त्रोक्त ढाँचा सहमति (एग्रीमेंट) से शुरू होता है। यह कहानी कहने की प्रक्रिया शुरू होने से पहले का हिस्सा है – कुछ भी 'घटित होने' से पहले। एक रहस्यमयी कत्ल की कहानी में, यह वह हिस्सा है, जहाँ हमें किसी शहर या व्यवसाय या परिवार के लोगों के बारे में पता चलता है। अभी कुछ भी नहीं 'हो रहा है'; सब कुछ एकदम ठीक लगता है। यह युद्ध से पहले का देश है, बेवफ़ाई से पहले का शादीशुदा व्यक्ति या एक टीम द्वारा स्कोर में बढ़त से पहले का खेल है।

इस पहले भाग में सबसे प्रचलित संयोजी शब्द **और (एंड)** है। कहानी तब शुरू होती है 'जब कुछ होता है'। यह दूसरा हिस्सा है, जो विरोधाभास (कंट्राडिक्शन) है। इसके लिए सबसे आम शब्द, **लेकिन (बट)** है। इसका मतलब है कि हम किसी छोटे शहर में जा सकते हैं **और (एंड)** किसी परिवार को जान सकते हैं **और (एंड)** सब कुछ ठीक लग रहा है, **लेकिन (बट)** फिर, पिता घर के पिछवाड़े में मृत पाए जाते हैं। अब हमारे पास एक कहानी है।

तीसरा भाग, जिसे अकसर 'कथा को आगे बढ़ाना'

> कहानी बनाने में तीन मुख्य शक्तियाँ शामिल हैं – सहमति (एग्रीमेंट), विरोधाभास (कंट्राडिक्शन), परिणाम (कॉन्सिक्वेंस)। कहानी तब बनती है, जब शक्तियाँ एक साथ आती हैं। इसे कहानियों के शास्त्रोक्त ढाँचे (क्लासिकल स्ट्रक्चर) के नाम से जाना जाता है।

चित्र-1 : एबीटी अभ्यास : एबीटी, किसी भी मामले में लागू करने के लिए एक 'सूत्र' देता है। इस फ़ोटो से एबीटी बनाने के लिए रिक्त स्थान भरें। "यह लड़का _____ था और (एंड) _____ लेकिन (बट) _____, इसलिए (देयरफ़ॉर) वह _____ है।" उदाहरण के लिए, "यह लड़का थका हुआ था और (एंड) पसीने से तर था, लेकिन (बट) उसे साफ़ और शीतल होने की ज़रूरत थी, इसलिए (देयरफ़ॉर) वह नदी में नहाने लगा।" अब अपनी ख़ुद की एक कहानी बनाएँ!

कहा जाता है, यह परिणाम की शक्ति है। हमने पिता को मृत पाया, जिसका अर्थ है कि हम तुरन्त जानना चाहते हैं कि परिणाम क्या होने वाला है। उदाहरण के लिए, "...पिता को घर के पिछवाड़े में मृत पाया गया है; **इसलिए (देयरफ़ॉर)** पुलिस जाँच शुरू करती है।" यह तीसरा पद **इसलिए (देयरफ़ॉर)**, वास्तव में परिणाम (कॉन्सिक्वेंस) के लिए सबसे प्रचलित शब्द नहीं है। **तब** (सो) बहुत अधिक प्रचलित है, लेकिन कहानी की रचना के लिए 'इसलिए (देयरफ़ॉर)' अकसर एक अधिक शक्तिशाली शब्द होता है, और इसलिए संरचनात्मक दृष्टि से बेहतर है। अब हमारे पास हमारे तीन कार्यात्मक शब्द हैं – और, लेकिन, इसलिए। आइए देखें कि वे कहानी बनाने में कैसे काम आते हैं।

उदाहरण के लिए कछुए और खरगोश के बारे में ईसप कथा को लें। यह इन दोनों के बीच दौड़ की कहानी है; और (एंड) खरगोश बहुत तेज़ी से दौड़ सकता है इस वजह से वह सुस्त कछुए से बहुत आगे था। लेकिन (बट) वह इतना आश्वस्त हो गया था कि उसने एक झपकी ले ली जबकि कछुआ धीरे-धीरे आगे बढ़ता रहा, और सोते हुए ख़रगोश से आगे निकल गया; इसलिए (देयरफ़ॉर) कछुए ने रेस जीत ली।

यही है एबीटी। यह कहानी के मूल कथानक को पकड़ लेता है। और चूँकि कथा के नियम सार्वभौमिक हैं, यह ग़ैर-कथा के लिए भी उतना ही कारगर है जितना कि कहानियों के लिए। एक ग़ैर-कथा आलेख के सन्दर्भ में आप इन तीन चीज़ों को इस रूप में सोच सकते हैं : परिदृश्य (सेट-अप), समस्या (प्रॉब्लम), समाधान (सोल्यूशन)। उदाहरण के लिए, आपके पास एक परिदृश्य (सेट-अप) है (हम कचरे की विपत्ति से जूझ रहे हैं), समस्या है (लेकिन इसके लिए कोई क़ानून नहीं हैं), और समाधान है (इसलिए हमें इस सम्बन्ध में क़ानून की आवश्यकता है)।

विज्ञान शिक्षण से क्या लेना-देना है? आइए कुछ उदाहरणों पर ग़ौर करें कि यह सूत्र विज्ञान कक्षाओं में कैसे लागू किया जा सकता है। यहाँ आहार सम्बन्धी विकल्पों के लिए एक एबीटी दे रहे है : पालक-पनीर एक लोकप्रिय खाद्य विकल्प है और (एंड) पालक खाने के लिए एक तर्कसंगत जोड़ी की तरह लगती है, लेकिन (बट) पालक में ऑक्सेलिक अम्ल होता है जो दुग्ध उत्पाद (पनीर) से कैल्शियम का अवशोषण रोकता है। इसलिए (देयरफ़ॉर) इन दोनों को एक साथ नहीं खाना चाहिए।

एक अच्छा एबीटी बनाने की मुख्य चुनौती यह है कि यह सारगर्भित और दमदार दोनों हो।

आइए एक और उदाहरण देखें। 1800 के दशक में, लोग मानते थे कि प्रजातियाँ कभी नहीं बदलती हैं और (एंड) वे विलुप्त होने के बारे में नहीं जानते थे, लेकिन (बट) जीवाश्मों से पता चला कि प्रजातियाँ भी बदलती हैं, इसलिए (देयरफ़ॉर) चार्ल्स डार्विन ने प्राकृतिक चयन के ज़रिए जैव विकास का सिद्धान्त प्रतिपादित किया, जिसके बारे में अन्ततः यह दिखाया गया कि प्रजातियाँ समय के साथ इसी तरह विकसित होती हैं।

एक अच्छा एबीटी बनाने की मुख्य चुनौती यह है कि यह सारगर्भित और दमदार दोनों हो। इसे संक्षिप्त करने के लिए आप इसे काटकर न्यूनतम शब्दों का बना देना चाहते हैं। लेकिन...यदि आप इसे बहुत अधिक काटते हैं, तो यह दमदार नहीं रहेगा। उदाहरण के लिए, हमारी कचरे की कहानी के सन्दर्भ में, अगर हम काटकर इतना छोटा कर देते हैं – "हम कुछ कर रहे हैं, लेकिन वह सब नहीं जिसकी ज़रूरत है, इसलिए हम ज़्यादा कर रहे हैं," तो यह कथा का एक अत्यन्त सारगर्भित विवरण हो सकता है, लेकिन यह इतना संक्षिप्त है कि शायद इसका कोई प्रभाव न हो। हमें इसका सन्दर्भ (कचरे की झंझट) और क्या किया जाने वाला है (एक कानून पारित करना) को थोड़ा और सटीकता से जानना होगा। इसका मतलब यह है कि इसे आकर्षक बनाने के लिए हमें कुछ जानकारियों को वापस जोड़ना होगा।

कथानक को सशक्त बनाने के लिए एबीटी एक शक्तिशाली साधन है। यह दो तरह से कार्य करता है। यह सारगर्भित और दमदार कथनों की रचना के लिए एक साँचा है, साथ-ही-साथ मूल कथानक के महत्त्वपूर्ण तथ्यों को संगठित भी करता है। लेकिन, एबीटी उन लोगों के लिए, दूरगामी दृष्टिकोण से अभ्यास का एक आदर्श उपकरण भी है, जो आगे चलकर, कथा की सम्प्रेषण क्षमता पर सही मायने में महारत हासिल करना चाहते हैं। यह प्रशिक्षण के लिए मुख्य साधन है जो अन्ततः कथा की सहज समझ के अन्तिम लक्ष्य की ओर ले जाएगा, जो कि केवल कथा संरचना को देखने की नहीं बल्कि इसे महसूस करने की भी क्षमता है।

Note:

Credits for the image used in the background of the article title: Illustration from 'Three Hundred Aesop's Fables', Literally Translated From The Greek by the Rev. Geo. Fyler Townsend, M.A. Harrison Weir, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Page_37_illustration_to_Three_hundred_Aesop%27s_fables_(Townsend).png. License: CC-BY.

Further readings

1. Weaver CM, Martin BR, Ebner JS, Krueger CA. Oxalic acid decreases calcium absorption in rats. The Journal of Nutrition vol 117, 1903-1906, 1987. URL: http://jn.nutrition.org/content/117/11/1903.extract

रेंडी ओल्सन ने हार्वर्ड विश्वविद्यालय से जीवविज्ञान में पीएचडी की उपाधि प्राप्त की और न्यू हैम्पशायर विश्वविद्यालय, न्यूयॉर्क के समुद्री जीवविज्ञान के प्रोफ़ेसर के रूप में काम किया। फिर उनकी रुचि विज्ञान के जनसंचार में पैदा हुई, इसलिए वे प्रोफ़ेसर का पद छोड़कर, हॉलीवुड चले गए और वहाँ एक फ़िल्म निर्माता बन गए। वे कई पुरस्कार विजेता फ़िल्मों के लेखक-निर्देशक हैं। उन्होंने तीन किताबें लिखी हैं, जिनमें 'ह्यूस्टन, वी हैव ए नेरेटिव : व्हाई साइंस नीड्स स्टोरी' (यूनिवर्सिटी ऑफ़ शिकागो प्रेस, 2015) शामिल हैं। उनके बारे में अधिक जानने के लिए, उनका वेब पेज देखें : http://www.randyolsonproductions.com/randy_olson/randy_olson_index.html

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

चाँद पर चहलक़दमी

रामगोपाल (रामजी) वल्लत

यह एक निजी भारतीय कम्पनी, टीमइंडस की कहानी है, जो चन्द्रमा पर एक रोवर को उतारने के गूगल लूनर एक्सप्राइज़ चैलेन्ज (Google lunar XPRIZE challenge) में प्रतिस्पर्धी है।

एक छोटी-सी आशा, मुझे यह नाम दिया गया है : संक्षेप में कहें तो ECA। लेकिन मैं जिस आशा का प्रतिनिधित्व कर रहा हूँ छोटी तो कदापि नहीं है। मैं विज्ञान के हर पक्ष में तेज़ी से प्रगति कर रहे भारत के 1.3 अरब लोगों की आशाओं का प्रतिनिधित्व करता हूँ। और मैं मानव की अपने पंख फैलाने की आशा का, धरती माता के सुरक्षित दायरे से बाहर निकलकर सुदूर ग्रहों पर बसने की आशा का प्रतिनिधित्व करता हूँ। मैं इस दिशा में एक नम्र लेकिन विशाल क़दम हूँ। असल में, मैं एक छोटा रोवर हूँ (**चित्र-1 देखें**) जिसे पृथ्वी से चन्द्रमा की यात्रा करने के लिए, चन्द्रमा की ज़मीन पर उतरकर वहाँ घूमने-फिरने के लिए डिज़ाइन किया गया है। जब आप इस कहानी को पढ़ रहे होंगे, तब तक मैं चाँद के रास्ते में होऊँगा या शायद वहाँ पहुँच चुका होऊँगा।

मेरी संकल्पना और निर्माण बेंगलूरु में एक युवा स्टार्ट-अप कम्पनी, टीमइंडस के कार्यालय में किया गया था। यह सब तब शुरू हुआ जब गूगल ने एक वैश्विक प्रतिस्पर्धा लूनर एक्सप्राइज़ (संक्षेप में GLXP) की घोषणा की। यह रोबोटिक अन्तरिक्ष अन्वेषण हेतु कम लागत की विधियों को विकसित करने के लिए दुनिया भर के इंजीनियरों, उद्यमियों और अन्वेषकों को चुनौती देने और प्रेरित करने के लिए 3 करोड़ डॉलर की एक प्रतिस्पर्धा है। गूगल लूनर एक्सप्राइज़ जीतने

चित्र-1 : ECA (एक छोटी सी आशा का लघुरूप) टीमइंडस द्वारा डिज़ाइन किया गया एक चन्द्र रोवर है।

Credits: TeamIndus. License: Copyrighted and used with permission.

चित्र-2 : अन्तरिक्ष यान के साथ ECA, बेंगलूरु में टीमइंडस संस्थान से लिया गया फ़ोटोग्राफ़ है।

Credits: TeamIndus. License: Copyrighted and used with permission.

के लिए, किसी निजी वित्त-पोषित टीम को निम्नलिखित में प्रथम होना चाहिए **(क)** सफलतापूर्वक चन्द्रमा की सतह पर एक अन्तरिक्ष यान (**चित्र-2**) पहुँचा पाने में, **(ख)** इसे वहाँ 500 मीटर की यात्रा करवा पाने में और **(ग)** उच्च गुणवत्ता (हाई डेफ़िनेशन) के फ़ोटो और वीडियो बनाकर वापस पृथ्वी पर भेजने में।

शुरुआत में, जब इस पुरस्कार की घोषणा की गई थी, तब कोई भी भारतीय टीम भाग नहीं ले रही थी। इसने मेरे रचनाकारों को एक साथ आकर, एक टीम बनाने और GLXP के लिए पंजीकरण करने के लिए प्रेरित किया। मेरा अन्दाज़ है कि उन्होंने इस प्रतिस्पर्धा के लिए अन्तिम दिन, 31 दिसम्बर, 2010 को अपना नाम दर्ज कराया। उफ! अगर वे उस समय सीमा को चूक गए होते तो मैं, अपने पैदा होने की बात तो दूर, गर्भ में ठहरने की कल्पना भी नहीं कर सकता था!! और क्या आपको पता है? वे सिर्फ़ पाँच लोग थे जिन्होंने टीमइंडस की शुरुआती टीम बनाई थी। आज, टीम में एक सौ बीस से अधिक लोग हैं (**चित्र-3 देखें**), जिसमें इसरो के लगभग दो दर्जन अनुभवी अन्तरिक्ष विशेषज्ञ और बहुत सारे युवा अभी-अभी कॉलेज से निकले इंजीनियर हैं। ज़रा उनके उत्साह की कल्पना करें – कॉलेज से निकलने के पाँच साल के भीतर ही चन्द्रमा पर रोवर भेजना!

मेरा मानना है कि यह चुनौती केवल निजी वित्त पोषित कम्पनियों के लिए है और प्रतिभागियों को गूगल लूनर एक्सप्राइज़ द्वारा निर्धारित माइलस्टोन्स हासिल करने थे। हमारा टर्निंग पॉइंट 2014 में आया। प्रतिस्पर्धा की प्रगति की जाँच करने के लिए GLXP ने एक अन्तरिम माइलस्टोन पुरस्कार भी घोषित किया था। ऐसे तीन पुरस्कार घोषित किए गए थे – इमेजिंग, मोबिलिटी और लैंडर सिस्टम की प्रमुख तकनीकी अड़चनों से निपटने के लिए पुख़्ता हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर के प्रदर्शन से सम्बन्धित। टीमइंडस ने अपनी लैंडिंग टेक्नॉलॉजी का प्रदर्शन करके 10 लाख डालर का पुरस्कार जीता।

मेरा प्रक्षेपण श्रीहरिकोटा से होगा। मैं एक अन्तरिक्ष यान के अन्दर यात्रा करूँगा, इसे भी टीमइंडस ने डिज़ाइन किया है। इस अन्तरिक्ष यान को भारतीय अन्तरिक्ष अनुसन्धान संगठन (ISRO) के रॉकेट, ध्रुवीय उपग्रह प्रक्षेपण यान (PSLV) के अगले भाग पर रखकर ले जाया जाएगा। हम इसरो के साथ सघन रूप से मिलकर काम करते हैं; और, PSLV का लगातार 39 सफल प्रक्षेपणों का एक अद्भुत रिकॉर्ड है। मेरे लिए सर्वोत्तम ही चुना गया है!

कुछ ख़ास दिन होते हैं जो उड़ान भरने के लिए सबसे उपयुक्त होते हैं – यह तब होता है जब चन्द्रमा पृथ्वी के परिक्रमा तल को पार कर रहा होता है – अर्थात, जब यह सूर्य के चारों ओर पृथ्वी के कक्षीय तल को पार करता है। ऐसा हर पन्द्रह दिन में होता है। इसलिए प्रक्षेपण के लिए उपयुक्त मौक़ा उसी दिन या शायद एक

दिन पहले या बाद में होगा। ये मौक़े हर पन्द्रह दिनों में दोहराते रहते हैं और हम 28 दिसम्बर, 2017 के बाद इनमें से किसी भी मौक़े का फ़ायदा उठाएँगे।

अलबत्ता, मैं अकेले यात्रा नहीं करूँगा। मेरे अन्तरिक्ष यान को मेरे प्रतिस्पर्धी द्वारा साझा किया जाएगा! हाकुतो जापान की एक टीम है जो प्रतिस्पर्धा में अभी भी पाँच अन्तिम टीमों में से एक है। उनका रोवर, सोरेटो, टीमइंडस के इस अन्तरिक्ष यान पर मेरे साथ यात्रा करेगा। मैं देख सकता हूँ कि आप इस बात से हैरान हैं कि हम अपने प्रतिस्पर्धियों की मदद क्यों कर रहे हैं? लेकिन आपको बता दूँ, विज्ञान में कोई प्रतिस्पर्धा नहीं होती है। हम सभी मानवता के क्षितिज को आगे बढ़ाने की दिशा में काम कर रहे हैं और वैज्ञानिकों के बीच केवल सहयोग होता है। वास्तव में, यही एकमात्र तरीक़ा है जिससे हम ब्रह्माण्ड को समझ सकते हैं।

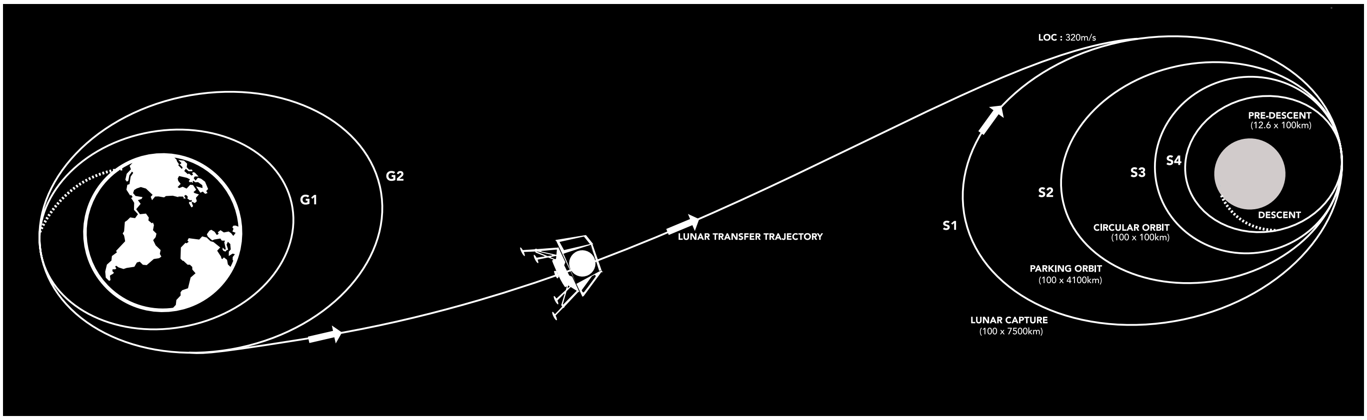
यह अन्तरिक्ष यान ख़ुद इन पेलोड्स को ढो पाने के हिसाब से डिज़ाइन किया जाएगा – मैं, मेरा दोस्त सोरेटो और साथ में कुछ प्रयोग जो हम साथ ले जा रहे हैं। कुल मिलाकर वज़न लगभग 20 किलोग्राम तक होगा। यह समझना ज़रूरी है कि वज़न को कम-से-कम रखना महत्त्वपूर्ण है और मेरे ख़ुद के डिज़ाइन को कई बार बदलकर अन्त में सिर्फ़ 7 किलो वज़न तक पहुँचाया गया है। सोचिए अगर आप में से किसी को इतना वज़न कम करना हो तो आपको कितनी डाईटिंग करना होगा! लेकिन सिर्फ़ 20 किग्रा के इस पेलोड को ले जाने के लिए, इतने सारे तामझाम की आवश्यकता होती है, कि वज़न पूरा 600 किलोग्राम तक हो जाता है!! मैं आपको इसका विवरण समझाता हूँ।

सबसे पहले, जब अन्तरिक्ष यान चन्द्रमा की सतह पर उतरना शुरू करता है, तो यह लगभग 1.7 किमी/ सेकंड की गति से गिर रहा होता है। ज़मीन छूते समय इसकी गति लगभग शून्य हो, इसके लिए प्रणोदन प्रणाली का उपयोग करके इसकी गति में मन्दन करना पड़ता है। इस प्रणोदन प्रणाली का भार लगभग 60 किग्रा होगा। ध्यान रहे, यह केवल प्रणोदन प्रणाली का वज़न है – बिना किसी प्रणोदक के। पेलोड और प्रणोदक के लिए पैकिंग 60 किग्रा तक और जोड़ देगी (यहाँ फिर से, कई डिज़ाइन संशोधनों के बाद, हम इसका वज़न 90 किग्रा से घटाकर 60 किग्रा तक ले आए हैं)। फिर एक मार्गदर्शन प्रचालन प्रणाली, संचार प्रणाली, कम्प्यूटर, बैटरी, सौर पैनल आदि होंगे – सभी का वज़न मिलकर 60 किग्रा होगा। तो कुल सूखा वज़न – ईंधन के वज़न के बिना – लगभग 200 किग्रा होगा। धीरे से स्पर्श कराने के लिए उपरोक्त मन्दन के लिए आवश्यक ईंधन का वज़न भी 200 किग्रा होगा। लेकिन इतना ही नहीं है : हमें चन्द्रमा तक पहुँचने के लिए प्रणोदक की भी आवश्यकता होगी। वह 200 किग्रा अतिरिक्त होगा। कुल मिलाकर, 20 किलो पेलोड ले जाने के लिए अन्तरिक्ष यान 600 किग्रा का बनता है।

पृथ्वी से चन्द्रमा की दूरी 3,84,400 किमी है। यात्रा की शुरुआत PSVL द्वारा चार चरणों में प्रणोदन होती है। पहला चरण हमें 150 किमी की ऊँचाई तक पृथ्वी के वायुमण्डल के बाहर ले जाएगा; दूसरा चरण इसे लगभग 400 किमी आगे और तीसरा चरण लगभग 800 किमी तक ले जाएगा। चारों चरणों के अन्त में, अन्तरिक्ष यान पृथ्वी के आस-पास 880 किमी × 70,000 किमी की अत्यन्त दीर्घवृत्ताकार कक्षा में पहुँच जाएगा। {880 किमी भू-समीपक (पेरिजी) और 70,000 किमी भू-दूरतम (एपोजी)} मुझे ले जाने वाला अन्तरिक्ष यान, शुरू में पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा करते हुए, धीरे-धीरे अपनी चाल बदलेगा और अन्त में 10.4 किमी/ सेकंड की चाल तक पहुँच जाएगा। यह एक सामान्य व्यापारिक हवाई जहाज़ से चालीस गुना है! उम्मीद है, मुझे उस गति से यात्रा करने में चक्कर नहीं आएँगे! एक बार जब यह अधिकतम गति तक पहुँच जाता है, तो प्रणोदन प्रणाली

चित्र-3 : टीमइंडस के सदस्य।

Credits: TeamIndus. License: Copyrighted and used with permission.



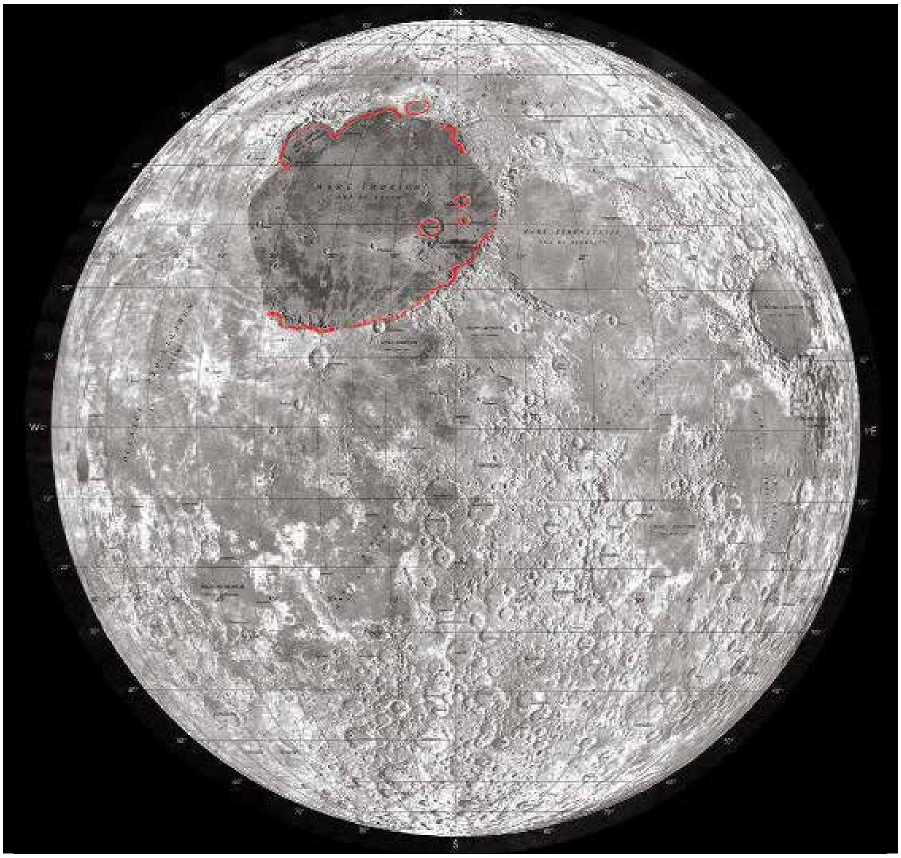
चित्र-4 : अन्तरिक्ष यान का प्रक्षेपण मार्ग।

Credits: TeamIndus. License: Copyrighted and used with permission.

बन्द हो जाती है और हम चन्द्रमा की ओर बढ़ने लगते हैं, हालाँकि पृथ्वी के निरन्तर गुरुत्वाकर्षण खिंचाव के कारण चाल कुछ कम भी होती रहती है (**चित्र-4 देखें**)।

इस पूरी यात्रा के दौरान, अन्तरिक्ष यान लगातार वापस पृथ्वी पर सन्देश भेजता रहेगा और पृथ्वी से निर्देश प्राप्त करेगा। इसके लिए वह एक विशेष बैण्ड की सूक्ष्म तरंग आवृत्ति का उपयोग करेगा, जिसे एस-बैण्ड कहा जाता है। अन्तरिक्ष यान पर एक मार्गदर्शन और प्रचालन प्रणाली भी है, जिसमें स्टार-सेंसर और सन-सेंसर शामिल हैं, जो सुनिश्चित करते हैं कि अन्तरिक्ष यान की स्थिति और दिशा (यानी अन्तरिक्ष यान का एटिट्यूड या अभिवृत्ति) सही है। (यानी ऐसा नहीं कि सही अभिवृत्ति की आवश्यकता सिर्फ़ जीवन में सफल होने के लिए होती है!!) एक बार यान का उचित एटिट्यूड प्राप्त होने के बाद, जड़त्व मापन इकाई से प्राप्त डेटा का उपयोग करके सटीक रूप से इसकी दिशा को बदला जा सकता है। जड़त्व मापन इकाई में गायरोस्कोप और एक्सेलेरोमीटर शामिल होते हैं। कल्पना करें, कि स्वतंत्र रूप से अन्तरिक्ष में लटके हुए एक अन्तरिक्ष यान को प्रणोदक के मात्र एक धक्के का उपयोग करके एकदम सही स्थिति और दिशा में रखने के लिए कितनी बारीक़ सटीकता की आवश्यकता होगी। मेरा डिजिटल दिमाग चकरा जाता है!

एक बार जब अन्तरिक्ष यान चाँद के पास पहुँचता है, तो उसे फिर उसकी चाल मन्द करना पड़ती है। अन्यथा इसकी चाल इतनी अधिक होगी कि चन्द्रमा का गुरुत्वाकर्षण इसे पकड़ नहीं पाएगा। इसके लिए कुछ और प्रणोदक ईंधन का उपयोग करना होगा। इसके बाद, हम चन्द्रमा की कुछ परिक्रमाएँ करते हैं और फिर अन्तरिक्ष यान चाँद सतह पर उतरने लगता है। इस चरण के दौरान, इसे चन्द्रमा की ज़मीन की बनावट से सम्बन्धित जानकारी की आवश्यकता होती है – यानी चन्द्रमा से वह कितना दूर है और चन्द्रमा पर किस जगह उतरने जा रहा है। यह काम यान में लगे लेज़र रेंज फाइंडर्स, लेज़र ऊँचाईमापी



चित्र-5 : मेयर इम्ब्रियम।

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

और कैमरा का उपयोग करके किया जाता है।

यान पर यह सभी अलग-अलग उपकरण आन्तरिक बैटरी से चलते हैं, जिसे सौर सेल का उपयोग करके रीचार्ज किया जाता है।

जिस भूभाग पर यह अवतरण कर रहा है उसके प्रकार और कठोरता को ध्यान में रखते हुए, यान के चार पैरों और स्पर्श वेग को डिज़ाइन किया गया है। यह जानकारी चन्द्रमा पर जा चुके पिछले मिशनों से उपलब्ध है। एक बार फिर, जैसा कि मैंने कहा था, हमारे पास पिछले वैज्ञानिक कार्यों से प्राप्त बहुत सारी जानकारी होती है जो हमें सफल होने में मदद करेगी। विज्ञान इसी तरह काम करता है।

एक बार यान (जिसे अब लैंडर कहा जाता है) उतरता है, तब मेरे काम करने की बारी आती है। आपको याद होगा कि मेरा प्राथमिक लक्ष्य चन्द्रमा की सतह पर 500 मीटर की यात्रा करना, फ़ोटो और वीडियो लेना और उन्हें पृथ्वी पर वापस भेजना है। चन्द्रमा की धरती पर चलने-फिरने के लिए, मेरे पास विशेष रूप से डिज़ाइन किए गए पहिए हैं। इन सबके स्वतंत्र स्प्रिंग और गति हैं। वे सभी एक विशेष फिटिंग से सुसज्जित होते हैं जिन्हें ग्रॉउसर कहा जाता है जो ज़मीन के साथ सम्पर्क क्षेत्र को बढ़ाते हैं और संकर्षण को बढ़ाते हैं। मुझे सपाट और आकार में नीचा भी बनाया गया है ताकि मेरा गुरुत्व केन्द्र बहुत नीचे हो। यह सुनिश्चित करता है कि मैं लुढ़कूँगा नहीं। इसके अलावा, मैं जिस तरह की धरती पर उतरने जा रहा हूँ, उसके बारे में सटीक जानकारी से मेरे डिज़ाइनरों को अनावश्यक फ़ीचर को हटाकर वज़न को कम करने में मदद मिली। उदाहरण के लिए, मैं 40 डिग्री से ज़्यादा ढाल वाली ढलानों पर नहीं चढ़ सकता। लेकिन हम पहले से जानते थे कि मैं कहाँ पर उतरूँगा – मेयर इम्ब्रियम (**चित्र-5 देखें**) में – इस तरह की ज़मीन पर खड़ी ढलानें नहीं होती हैं। यह लावा से बना एक विशाल मैदान है।

भले ही मेरे अन्दर बहुत सारे आर्टिफ़िशियल इंटेलीजेंट एल्गोरिदम निर्मित हैं, लेकिन जब तक कि मैं पहली 500 मीटर की यात्रा पूरी नहीं कर लेता, तब तक मुझे पृथ्वी से रिमोटली नियंत्रित किया जाएगा। ऐसा इसलिए किया जाता है क्योंकि मेरी आँखों के रूप में काम करने वाले दो कैमरे, लैंडर के माध्यम से लगातार फ़ोटो और वीडियो को पृथ्वी पर भेजते रहते हैं। मैं पृथ्वी पर फ़ोटो भेजूँगा, वे इन चित्रों का विश्लेषण करेंगे और मुझे साधारण पाठ्य निर्देश भेजेंगे – जैसे कि तीन क़दम आगे बढ़ो और एक क़दम दाहिनी तरफ़ बढ़ो आदि। बेशक, मैं एक समय में केवल एक ही क़दम रखूँगा। वैसे ही जैसे बच्चे को चलने दिया जाता है, तो बस बहुत सावधान रहना होता है – और देखा जाए तो मैं एक बच्चा ही तो हूँ।

एक बार प्रारम्भिक माइलस्टोन हासिल करने के बाद, एक बढ़ते हुए बच्चे की तरह, मुझे अपने आप थोड़ा इधर-उधर भटकने की अनुमति दी जाएगी, क्योंकि मेरे एल्गोरिदम लगातार सीखते रहते हैं और वे सीख चुके होंगे कि कैसे बेहतर तरीक़े से अपने आप ही चन्द्रमा की धरती पर हलचल करें।

इस बीच, लैंडर में प्रयोगों के सेट-अप्स ने अपना काम शुरू कर दिया होगा। इनकी पहचान 2016 में लॉन्च किए गए एक आउटरीच प्रोग्राम के माध्यम से की गई थी, जिसे लेब2मून कहा जाता है, जो दुनिया भर के, विशेष रूप से युवा दिमागों को लक्षित करता है।

मानव जाति को एक बहुग्रहवासी प्रजाति के रूप में उत्प्रेरित करने की चाह में, टीमइंडस ने पच्चीस साल से कम उम्र के युवाओं को एक प्रयोग डिज़ाइन करने के लिए आमंत्रित किया था, जो मानव को चन्द्रमा पर टिकाऊ जीवन निर्मित करने में मदद करेगा। पहले दौर में पन्द्रह देशों से और दुनिया भर के तीन सौ से अधिक शहरों से तीन हज़ार प्रविष्टियाँ प्राप्त हुईं थीं।

चरण 2 – शॉर्टलिस्टिंग प्रक्रिया के बाद, इटली की टीम स्पेस4लाइफ ने यह प्रतिस्पर्धा जीती और उनका प्रयोग चन्द्रमा पर उड़ान भरेगा। वे जीवाणुओं का उपयोग करके एक विकिरण कवच विकसित करने पर काम कर रहे हैं। अन्य प्रोजेक्ट्स में टीम ज़ोई (भारत) शामिल है, जो कि चरमपन्थी सायनोबैक्टीरिया के साथ चन्द्रमा पर प्रकाश संश्लेषण पर काम कर रही है, टीम ईयर्स (भारत) जो एक स्थिर-विद्युत विकिरण कवच के प्रयोग पर काम कर रही है, टीम कल्पना (भारत) चन्द्रमा की धूल के विश्लेषण के लिए उपकरण पर काम कर रही है। और टीम कैलिस्टो (भारत) जो चन्द्रमा की धूल के संचय विश्लेषक पर काम कर रही है।

पूरा कार्यक्रम बहुत रोमांचक है, लेकिन मेरा जीवन सम्भवतः अल्पकालिक होगा। दिन का प्रकाश चन्द्रमा पर केवल चौदह दिनों तक रहता है। अपने मिशन की अवधि को अधिकतम करने के लिए हम भोर में उतरेंगे। तो मेरे पास 500 मीटर इधर-उधर ख़ुद से भटककर मिशन पूरा करने के लिए चौदह दिनों की धूप है। उसके बाद अँधेरा छा जाएगा। चूँकि चन्द्रमा पर कोई वायुमण्डल नहीं है, इसलिए ऊष्मा क़ैद होकर सतह पर बनी नहीं रहती है। अगले सूर्योदय तक, जो चौदह दिन दूर है, तापमान -200 डिग्री सेल्सियस तक पहुँच जाएगा। अगर आपको लगता है कि यह बुरा है, तो याद रखें कि दिन के पहले चौदह दिनों के दौरान, तापमान 100 डिग्री सेल्सियस से ऊपर पहुँच गया होगा! मैं छोटा और नाज़ुक लग सकता हूँ, लेकिन मैं सख़्त हूँ। मेरे रचनाकारों ने मुझे ऐसे तापमानों पर कार्य करने के लिए डिज़ाइन किया है, जिन पर पानी का वाष्पीकरण हो जाता है। लेकिन इसमें बहुत सन्देह है कि मैं भीषण ठण्ड को झेल पाऊँगा। बेशक, मुझे पता है कि टीमइंडस में मेरे दोस्त यह देखने के लिए साँस थामे बैठे होंगे कि चौदह दिनों की रातों के बाद जब सूरज फिर से उगेगा, तब क्या मैं वापस जीवित होकर संवाद करना शुरू कर दूँगा लेकिन मेरे लिए, यह वास्तव में मायने नहीं रखता है। मैंने अपना जीवन मानवता की प्रगति को समर्पित कर दिया होगा।

टीप :

1. नवीनतम समाचार रिपोर्टों (10 जनवरी, 2018) के अनुसार, टीमइंडस और इसरो के बीच आधिकारिक अनुबन्ध टूट गया है क्योंकि टीमइंडस इसरो की प्रक्षेपण सेवाओं के उपयोग का भुगतान करने के लिए आवश्यक धनराशि नहीं जुटा पाई है। इसलिए, तकनीकी तैयारी के बावजूद, टीमइंडस GLXP की निर्धारित समय सीमा में काम पूरा करने में नाक़ाम रही। फिर भी, हमने इस लेख को प्रकाशित करने का फ़ैसला किया है, क्योंकि उनके प्रयास के बारे में इस लेख से बहु-विषयक वैज्ञानिक प्रयास के महत्त्वपूर्ण पहलुओं का पता चलता है। लेख यह भी बताता है कि विज्ञान का इतिहास विश्वास की कैसी-कैसी महत्त्वाकांक्षी छलाँगों से भरा है, जिनमें से कई सफल नहीं होती हैं। तथापि, ऐसे जोखिम उठाए बग़ैर, विज्ञान वहाँ नहीं होता जहाँ वह आज है।
2. Credits for the image used in the background of the article title: A historic extraterrestrial sky–the Earth viewed from the Moon, Apollo 8 mission, Lunar orbit, 24th December, 1968. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg.

रामगोपाल (रामजी) वल्लत एक बेस्टसेलिंग लेखक और मोटीवेशनल स्पीकर हैं। उन्होंने बच्चों की लिए लिखी गई अपनी पुस्तक sci-fi book, Oops the Mighty Gurgle की कहानियों के आधार पर स्कूलों में दर्ज़नों विज्ञान कार्यशालाएँ आयोजित की हैं। वे सफलता पाने के तरीक़े पर विद्यार्थियों को प्रेरक व्याख्यान भी देते हैं।

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

Printed and Published by Manoj P on behalf of Azim Premji Foundation for Development;

Printed at Suprabha Colorgrafix (P) Ltd., No. 10, 11, 11-A, J.C. Industrial Area, Yelachenahalli, Kanakapura Road, Bangalore 560062.

Published at Azim Premji University Pixel B Block, PES College of Engineering Campus, Electronics City, Bangalore 560100;

Editor: Ramgopal Vallath

ल्यूका संस्करण 4.01

रोहिणी चिन्ता

क्या हम तैयार हैं?

प्राकृतिक इतिहास के संग्रहालय घूमने गया मिट्ठू अपनी माँ की इस ज़िद से परेशान था कि संग्रहालय में रखी जीवन की सभी प्रदर्शित वस्तुएँ उसके दूर के रिश्तेदारों के जीवाश्म हैं। मिट्ठू इस कथन की सच्चाई की जाँच करते हुए जैव विकास को समझने की यात्रा शुरू कर देता है। आइए हम भी उसकी यात्रा के हमसफ़र बनें।

मिट्ठू उत्साह से सर हिलाते हुए, हाथ में क़लम और कॉपी लिए खड़ा था। प्राकृतिक इतिहास संग्रहालय में वे मिट्ठू के सबसे पसन्दीदा पशु टायरैनसॉरस रेक्स के मॉडल के ठीक सामने खड़े थे। वह अपनी माँ के बोलने का इन्तज़ार करने लगा।

‘डायनासॉर मेसॉज़ोइक युग के जुरासिक और क्रेटेशियस काल में रहते थे, तुम्हें वो फ़िल्म याद है जुरासिक पार्क...?’ माँ ने उसकी ओर देखते हुए पूछा, ‘अब तुम्हें पता है कि उसे जुरासिक क्यों कहते हैं, है ना?’ मिट्ठू ने समझते हुए अपना सिर हिलाया।

माँ ने आगे बताया, ‘डायनासॉर आर्कोसौर समूह के जन्तु हैं। 20 करोड़ साल पहले ट्रायऐसिक विलुप्ति, जिसके दौरान कई जीवों का सफ़ाया हो गया था, के बाद डायनासॉर की संख्या खूब बढ़ी और और उनका वर्चस्व हो गया। और...,’ यह बताते हुए माँ रुकीं।

मिट्ठू उम्मीद से माँ की ओर देखते हुए बोला, ‘और...।’

‘डायनासॉर तुम्हारे दूर के रिश्तेदार हैं’ दो-टूक ढंग से बोलकर माँ आगे बढ़ गई।

यह सुनकर मिट्ठू दो पल के लिए तो हक्का-बक्का रह गया और सोचता रहा कि क्या उसने सही सुना लेकिन जल्द ही सम्हलकर वह माँ के साथ अगली प्रदर्शित वस्तु के पास पहुँचा जो भूसा भरी 'सेक्रेटेरी चिड़िया' थी।

माँ ने बताया, 'यह शिकारी चिड़िया अफ़्रीका के सहारा रेगिस्तान में पाई जाती है। यह थोड़ी-बहुत गरुड़ और कुछ-कुछ सारस की तरह दिखती है। इसकी टाँगें बहुत लम्बी होती हैं जो इसे शिकार पकड़ने में मदद करती हैं। यह दिन के समय ज़मीन पर अपना शिकार ढूँढ़ती है और रात में उड़कर अपने घोंसले में चली जाती है, जो अकसर बबूल के पेड़ पर होते हैं। क्या तुम्हें इसकी पलकें दिखीं?' माँ थोड़ा रुकीं, मिट्ठू सिर उठाकर ऊपर देखने लगा।

'यह भी तुम्हारी दूर की रिश्तेदार है।' माँ ने कहा, मिट्ठू ने भौंहें सिकोड़ीं।

माँ ने मुस्कराते हुए कहा, 'हाँ, तुमने सही सुना, यह सेक्रेटेरी चिड़िया तुम्हारी दूर की रिश्तेदार है और डायनासॉर की भी।'

मिट्ठू चकरा गया। वह सोचने लगा कि क्या उसने हाल में कभी अपने किसी रिश्तेदार के प्रति रूखा व्यवहार किया है और उन्हें भला-बुरा कहा है। जहाँ तक उसे याद आया, सगे-सम्बन्धियों की बात तो दूर, इन गर्मियों में वह किसी से भी नहीं झगड़ा था। देखा जाए तो उसने पूरे महीने सबसे अच्छा बर्ताव किया था क्योंकि वह चाहता था कि माँ उसे संग्रहालय ले चलें। और अब यह! ज़रूर यह मज़ाक है।

अगले कुछ खण्डों मे मैमथ के कंकाल, भूसा भरे राइनो और मानव खोपड़ियाँ रखी थीं। ये मनुष्य सिन्धु घाटी सभ्यता के समय के थे। माँ ने प्रत्येक के बारे में विस्तार से समझाया, लेकिन हर बार आख़िरी में वही बात जोड़ना न भूलीं, 'और यह भी तुम्हारा दूर का सम्बन्धी है।'

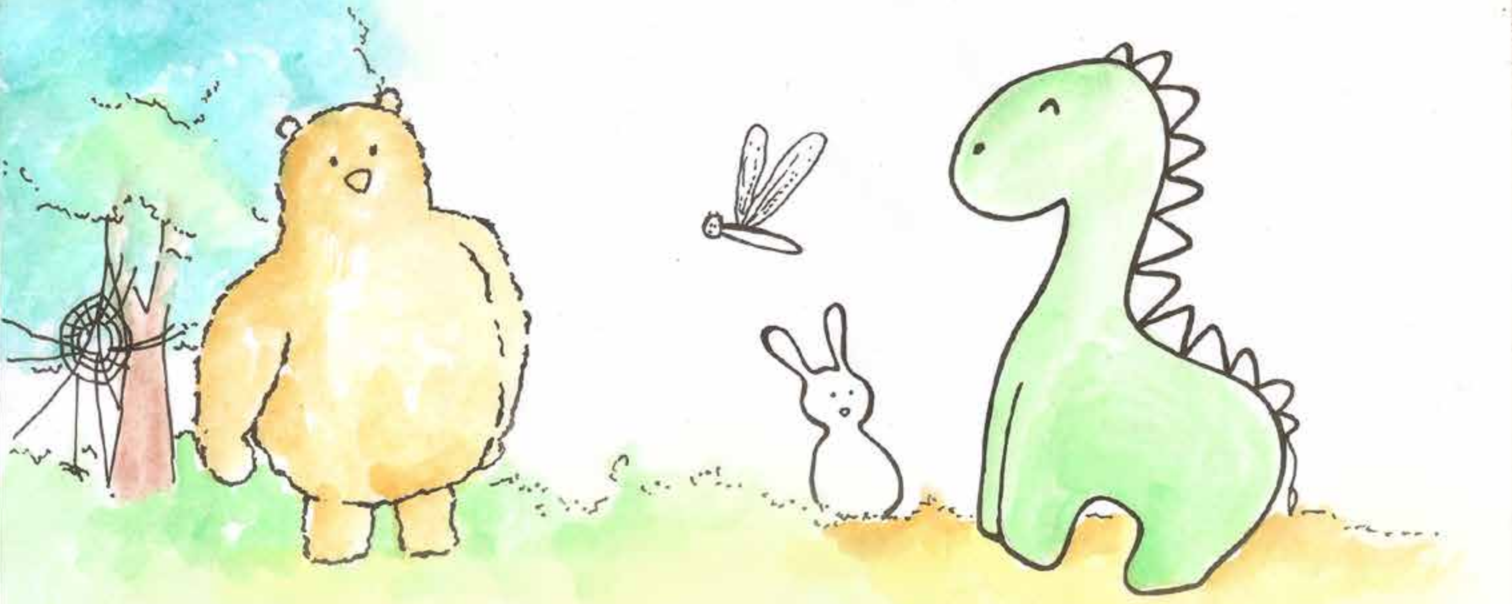
अब बात बहुत आगे निकल गई थी, मज़ाक तो बिलकुल नहीं रही! मिट्ठू को इतना ताव आया कि वह ज़ोर से चिल्लाना चाहता था। लेकिन उसे पता था कि यदि वह चिल्लाया तो उसे संग्रहालय से बाहर निकाल दिया जाएगा — तो उसने अपना आपा नहीं खोने की कोशिश की।

'हाँ, तो', मिट्ठू ने गला साफ़ करके बोलना शुरू किया। व्यंग्य के लहज़े में बोला, 'माँ, यहाँ और कौन-कौन मेरे दूर के रिश्तेदार हैं? देखो, मैं जानना चाहता हूँ कि मेरा परिवार कितना बड़ा है।'

'हाँ, हैं तो यहाँ रखे सारे-के-सारे', माँ ने शान्ति से जवाब दिया।

'आप यह बक़वास बन्द करेंगी?' मिट्ठू भड़का। 'यह कोई मज़ेदार बात नहीं है। वास्तव में, मुझे बहुत चिढ़ हो रही है।'

'इसमें चिढ़ने वाली क्या बात है? ये सब तुम्हारे दूर के, बहुत-बहुत दूर के रिश्तेदार हैं।' यह कहते हुए माँ पास की बेंच की ओर बढ़ गईं।



‘तो डायनासॉर, पक्षी, जन्तुओं की हर प्रजाति, पेड़-पौधे, और बैक्टीरिया मेरे सम्बन्धी हैं और एक-दूसरे के भी?’ मिट्टू ने हैरानी से पूछा।

‘हाँ!’

‘नहीं!’

‘क्यों नहीं?’

‘क्योंकि वे पौधे, कीट और जन्तु हैं, और मैं...मैं एक मनुष्य हूँ।’

‘हाँ, हाँ...’ माँ ने हौसला बढ़ाते हुए कहा।

मिट्टू ने उनके साथ तर्क करने की कोशिश की। ‘मैं अलग हूँ। मैं ज़्यादा विकसित हूँ।’

‘कैसे?’ माँ ने पूछा, ‘तुम किससे विकसित हुए हो?’

'आदिमानव से?' उसने सोचकर कहा।

'और ''आदिमानव'' किससे विकसित हुए थे?'

'चिम्पैंज़ी से?'

'तो क्या चिम्पैंज़ी तुम्हारे दूर के रिश्तेदार हैं?'

'हाँ...शायद। चिम्पैंज़ी, गोरिल्ला, यानी मोटेतौर पर वनमानुष...।'

'ठीक, लेकिन डायनासॉर और पक्षी क्यों नहीं? और बाक़ी सारे जन्तु क्यों नहीं?'

मिट्टू सोचते-सोचते बोल रहा था,

'डायनासॉर इतने बड़े होते हैं, पक्षी उड़ते हैं, और बाक़ी के जन्तु...नहीं, नहीं ऐसा नहीं हो सकता। ऐसा हो ही नहीं सकता कि मैं उनसे विकसित हुआ होऊँ।' उसकी आवाज़ धीमी पड़ने लगी।

'मछलियों, पक्षियों, उभयचरों और अन्य जन्तुओं में दो जोड़ी टाँगें होती हैं – अगली भुजाएँ और पिछली भुजाएँ...हैं कि नहीं? और इन सबमें रीढ़ होती है और ख़ून होता है?'

मिट्टू चहक उठा। ‘लेकिन ऑक्टोपस जैसे कुछ जन्तुओं में कंकाल नहीं होता...तो वे मेरे रिश्तेदार नहीं हुए, है ना? और साँपों के बारे में क्या कहेंगे?’ वह मुस्कराया।

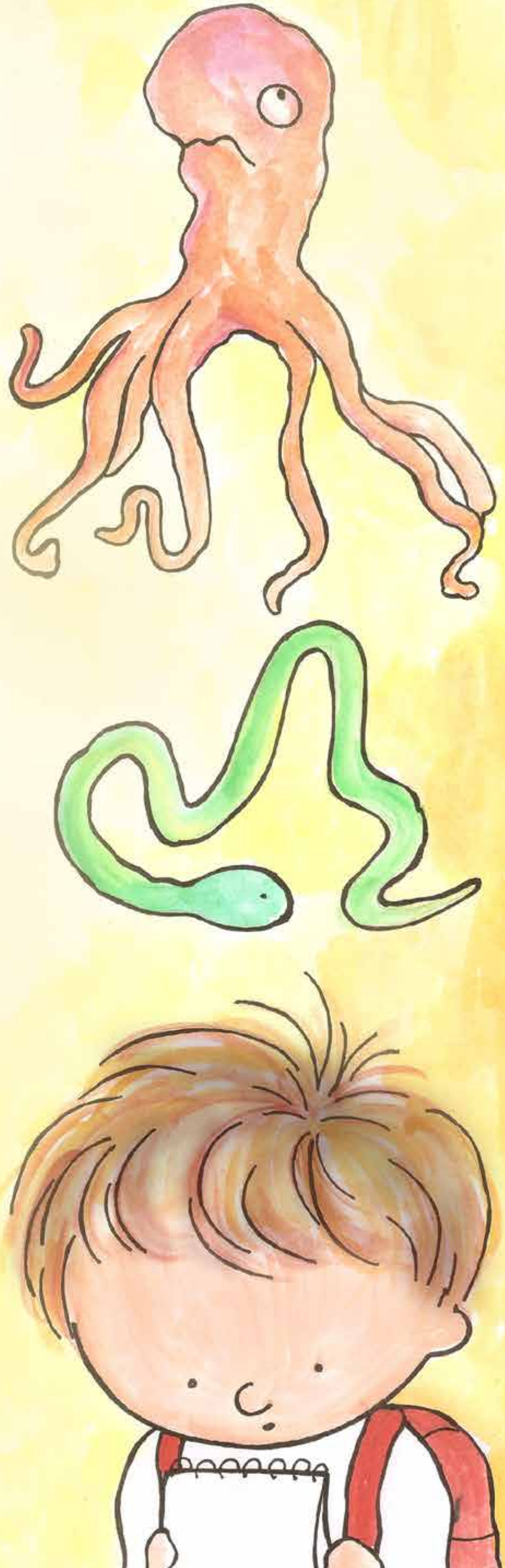
‘लेकिन इन सब जन्तुओं में आँखें और तंत्रिकाएँ होती हैं, नहीं?’ माँ ने सवाल किया। मिट्टू ने चुपचाप सिर हिलाया।

‘तो क्या हम समान नहीं हैं? और यदि हम किसी एक साझा चीज़ से विकसित नहीं हुए हैं, तो हम एक जैसे कैसे हो सकते हैं?’

‘हाँ... हो सकता है सारे जन्तु एक साझा पूर्वज से विकसित हुए हों।’ मिट्टू ने थोड़ा खिसियाकर जवाब दिया, ‘लेकिन पेड़-पौधे और सूक्ष्मजीव तो बिलकुल नहीं।’

‘क्यों नहीं?’ माँ ने कुरेदा।

‘जन्तु चल-फिर सकते हैं, बोल सकते हैं, खा सकते हैं. बढ़ सकते हैं, प्रतिक्रिया दे सकते हैं, और...’



‘पौधे भी तो बढ़ सकते हैं और खाते भी हैं। वे भी आसमान में रोशनी के प्रति और मिट्टी में पानी के प्रति प्रतिक्रिया देते हैं – वे अधिक-से-अधिक रोशनी पाने के लिए अपनी शाखाओं को फैलाते हैं और जड़ों को दूर-दूर तक फैलाते हैं। तुम्हें मनपसन्द पौधा तो याद ही होगा, छुईमुई? वह छूने पर प्रतिक्रिया देता है, नहीं?’

मिट्टू सोच में पड़ गया।

माँ ने बात आगे बढ़ाई, ‘तुम्हें याद है, मिट्टू, पिछले महीने हम दो एकड़ के एक बग़ीचे में गए थे, जहाँ एक ही मातृ वृक्ष में से कई पेड़ उग रहे थे? वह भी एक तरह की गति से, है ना?’

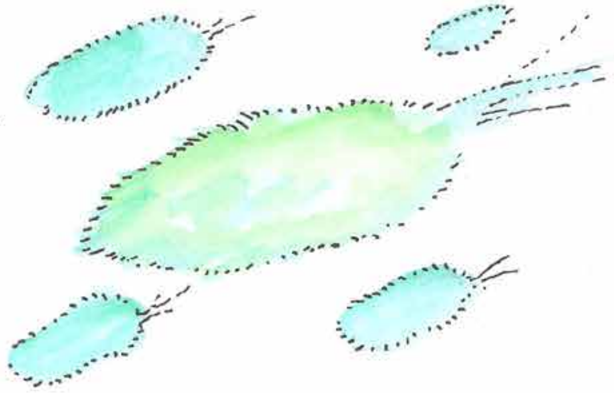
‘बात तो ठीक है...।’ मिट्टू अब उतना पक्का नहीं लग रहा था, ‘लेकिन क्या पौधों में रक्त और रक्त वाहिनियाँ होती हैं?’

‘बेशक़!’ माँ मुस्कराई, ‘लेकिन उनके रक्त को रस (sap) कहते हैं, और उनकी रक्त वाहिनियों को ज़ायलम व फ्लोएम कहते हैं। तो देखो, हम पौधों के समान भी हैं। और यहाँ भी, हम समान तभी हो सकते हैं जब हमारा कोई साझा पूर्वज हो।’

‘लेकिन सूक्ष्मजीव, उनका क्या?’

‘सारे सजीव किससे बने होते हैं?’ माँ ने सवाल का जवाब सवाल से ही दिया।

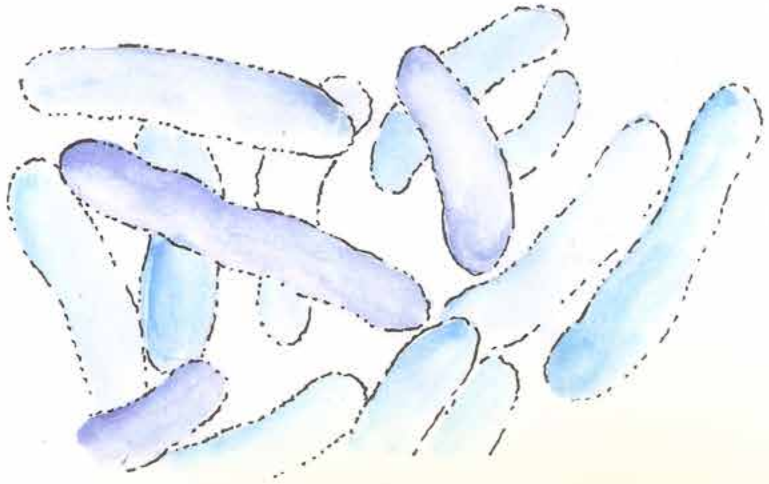
‘कोशिकाओं से!’ मिट्टू ने ख़ुशी-ख़ुशी जवाब दिया।



‘और क्या सूक्ष्मजीव भी कुछ कोशिकाओं से नहीं बने होते!’ माँ ने आसानी से जवाब दिया।

‘लेकिन...’ मिट्टू अब थोड़ा अनिश्चय में था।

‘अब मान भी जाओ, मिट्टू’, माँ ने मनुहार की। ‘सूक्ष्मजीव भी खाते हैं, बढ़ते हैं और उद्दीपन पर प्रतिक्रिया देते हैं। नहीं तो तुम्हें क्या लगता है, वे कैसे जीवित रहते होंगे? अन्तर सिर्फ़ इतना है कि सूक्ष्मजीवों में ये सारी प्रक्रियाएँ कई कोशिकाओं की बजाय एक ही कोशिका में होती हैं। यदि तुम अपने शरीर की एक कोशिका को निकालकर किसी बैक्टीरिया कोशिका के बाजू में रखोगे, तो तुम्हें कई समानताएँ नज़र आएँगी। दोनों कोशिकाओं में कोशिका भित्ती होगी, डीएनए होगा और कोशिका द्रव्य होगा। तुम्हें नहीं लगता कि कोशिका के स्तर पर हम सूक्ष्मजीवों के भी समान हैं?’



‘लेकिन हम अलग भी तो हैं, नहीं माँ?’

‘हाँ, हमने ये अन्तर अपने परिवेश के हिसाब से विकसित किए हैं। दूसरे शब्दों में, हम अपने पर्यावरण के लिए अनुकूलित हैं। एक कोशिका ने दूसरी कोशिका से दोस्ती गाँठ ली ताकि वे एक-दूसरे की मदद कर सकें। फिर इनके साथ कुछ और कोशिकाएँ जुड़ गईं और उन्होंने एक बस्ती बना ली। इन बस्तियों में कोशिकाएँ इतने लम्बे समय तक साथ-साथ रहीं कि उन्होंने मिलकर एक इकाई के रूप में काम करना शुरू कर दिया। और इस प्रकार से वे पौधों, जन्तुओं और मनुष्यों जैसे बहु-कोशिकीय जीवों के रूप में विकसित हो गईं। प्रत्येक प्रजाति अलग-अलग ढंग से अनुकूलित हुई, और इसीलिए तुम्हें इतनी विविधता दिखती है।’ माँ ने समझाया।

मिट्टू थोड़ी देर तक टाँगें झुलाता बैठा रहा। माँ इन्तज़ार करती रहीं।

थोड़ी देर बाद, मिट्टू ने हिचकते हुए शुरू किया, ‘तो... जीवन के सारे रूप एक-दूसरे के दूर, बहुत दूर के सम्बन्धी हैं, चाहे वे एक-दूसरे से कितने भी अलग क्यों न दिखते हों?’

माँ ने हामी में सिर हिलाया। वे ख़ुश दिख रही थीं।

‘हम सम्बन्धी हैं क्योंकि हमारे बीच इतनी समानताएँ हैं, जो तभी आ सकती है जब हम सब किसी एक साझा पूर्वज से विकसित हुए हों, ठीक?’

माँ मुस्करा दीं।

‘और चूँकि हम सब कोशिकाओं से बने हैं, तो क्या मेरा यह मानना ठीक होगा कि हमारा साझा पूर्वज कोई एक-कोशिकीय जीव रहा होगा?’

माँ प्रसन्न थीं। ‘बहुत बढ़िया, मिट्टू।’ यह कहकर उन्होंने उसकी पीठ थपथपाई।

‘तो यह एक-कोशिकीय जीव (मेरा सच्चा पूर्वज) कब विकसित होना शुरू किया?’

‘लगभग 4 अरब साल पहले...और उसे ल्यूका कहते हैं यानी सबका सबसे पहला साझा पूर्वज — last universal common ancestor।’ माँ ने खुशी से जवाब दिया।

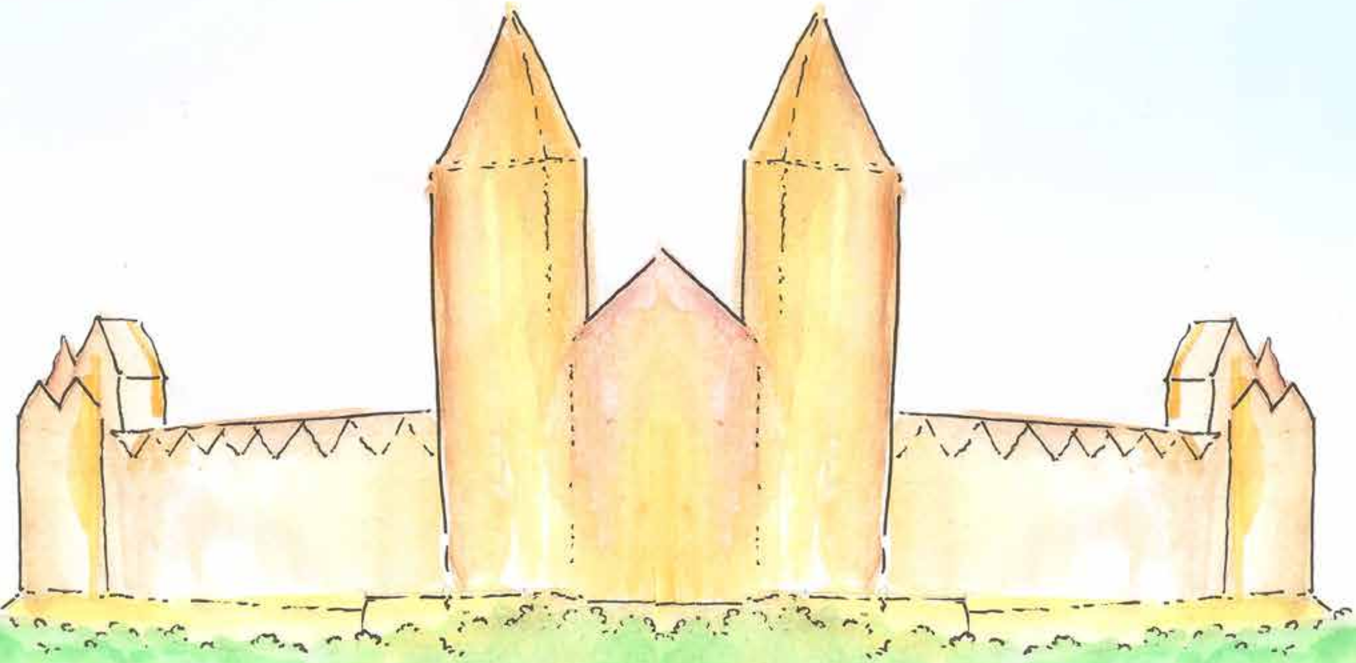
‘एक आख़िरी सवाल माँ,’ मिट्टू ने नटखट अन्दाज़ में कहा, ‘मेरा नाम क्या है?’

‘मिट्टू।’

‘नहीं!’

अब हक्का-बक्का होने की बारी माँ की थी।

‘मेरा नाम है LUCA संस्करण 4.01 अरब!’



लेखक के बारे में

रोहिणी चिन्ता यूनिवर्सिटी कॉलेज फ़ॉर वूमेन, हैदराबाद के जेनेटिक्स और बायोटेक्नोलॉजी विभाग में असिस्टेंट प्रोफ़ेसर (सी) हैं। उन्हें बच्चों के लिए लिखने का शौक़ है और उनका मानना है कि "एक ख़ुशहाल बचपन एक ख़ुशहाल समाज का निर्माण करता है।" वे तेलुगू और अँग्रेज़ी में लिखती हैं। बच्चों के लिए उनकी लगभग 75 कहानियाँ विभिन्न पत्रिकाओं में प्रकाशित हो चुकी हैं।

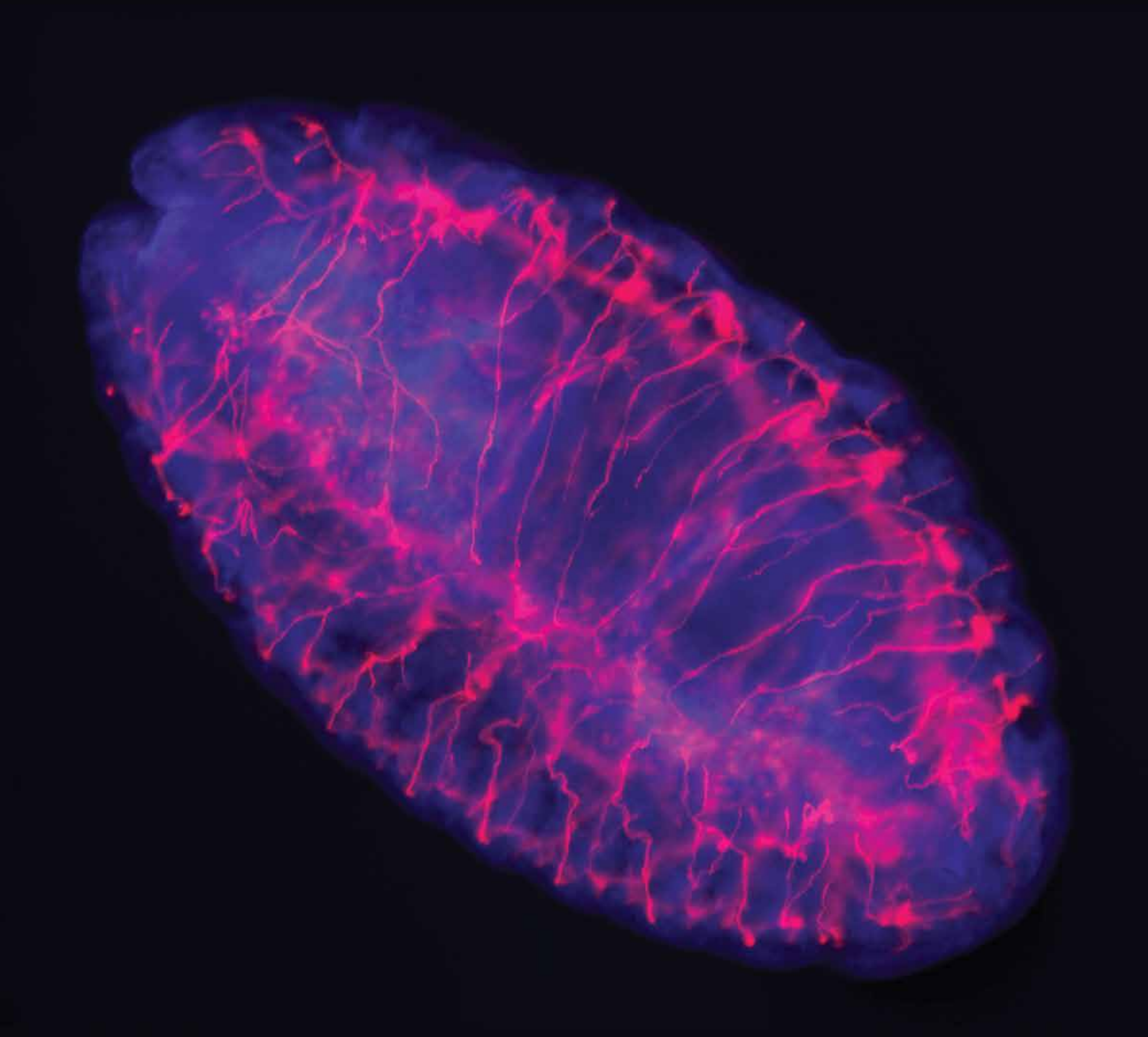
अनुवाद : सात्विका ओहरी **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

चित्रांकन एवं डिज़ाइन : विद्या कमलेश

i wonder...
Rediscovering school science

Azim Premji University

जैविक ऊतकों में फ्लोरोसेंट रंगों के बन्धन के पीछे का रसायनविज्ञान आणविक स्तर पर इस *ड्रोसोफिला* भ्रूण की जटिल गतिशीलता को प्रकट करता है।



रसायनविज्ञान में कुछ सबसे रोमांचक उभरते रुझानों को जानने के लिए आई वंडर... का अगला अंक पढ़िए।

Azim Premji University
Pixel Park, PES Campus, Electronic City, Hosur Road
Bangalore - 560100

080-6614 5136
www.azimpremjiuniversity.edu.in

Facebook: / azimpremjiuniversity
Instagram: @azimpremjiuniv
Twitter: @azimpremjiuniv