आकाशीय पिण्डों की गति की व्याख्या

दिन की लम्बाई और मौसम क्यों बदलते हैं, और ये दुनिया के अलग-अलग इलाकों में अलग-अलग क्यों होते हैं?

उमा सुधीर

पिछले लेख में हमने देखा था कि एक साल की अवधि में विभिन्न तारामण्डल और तारे रात में अलग-अलग समय पर नज़र आते हैं। लेकिन यदि कुछ देर के लिए सूर्य की दैनिक पूर्व-पश्चिम गति को नज़रअन्दाज़ कर दें तो सूर्य के बारे में क्या कहेंगे? और यदि हम लम्बी अवधि तक अवलोकन करें तो हमें सूर्य की स्थिति में क्या परिवर्तन देखने को मिलेंगे? इस बात को अनदेखा करना मुश्किल है कि सालभर में सूर्य हर रोज़ एक ही स्थान से उगता या एक ही स्थान पर डूबता नहीं है। आपने यह भी देखा होगा कि घर के अन्दर दोपहर के

वर्षभर में रोज़-ब-रोज़ सूर्य की स्थिति में क्या परिवर्तन होते हैं?

ज़ाहिर है, ये पैटर्न तभी देखे जा सकते हैं जब अवलोकन कई वर्षों तक किए जाएँ। यानी इस कवायद को एक-दो महीनों तक किए गए अवलोकनों में समेट देना उचित नहीं लगेगा। फिर भी खुद देख लेना बेहतर होगा कि सूर्य प्रतिदिन ठीक पूर्व में उदय नहीं होता और न ही ठीक पश्चिम में अस्त होता है। और यह देखना भी अच्छा रहेगा कि रोज़ाना दोपहर के समय सूर्य सिर के ठीक ऊपर नहीं होता। (मैं यहाँ जानबूझकर मध्यान्ह शब्द का इस्तेमाल नहीं कर रही हूँ; यदि हम घड़ी के अनुसार देखें तो हो सकता है कि मध्यान्ह के समय सूर्य सिर के ठीक ऊपर हो या शायद न हो; इसके बारे में आगे और चर्चा करेंगे।)

इस लेख में हम भारत के विभिन्न स्थानों पर सूर्योदय और सूर्यास्त के समय में परिवर्तन को समझने की कोशिश करेंगे ताकि यह बता सकें कि ये समय सालभर में एक स्थान से दूसरे स्थान तक किस तरह बदलते हैं। और यह भी देखेंगे कि एक ही दिन में ये विभिन्न स्थानों के लिए अलग-अलग होते हैं क्योंकि हमने यह तय कर लिया है कि पूरे देश में एक ही समय-क्षेत्र (time zone) माना जाएगा। लेकिन यह करने से पहले, हम यह देखेंगे कि यदि हम कई अलग-अलग देशों को देखें, तब भी सूर्योदय और सूर्यास्त के समय अलग-अलग होते हैं। हम यह समझने की कोशिश करेंगे कि इस जानकारी के आधार पर हम सूर्य के आसपास पृथ्वी की गति की विचित्रताओं के बारे में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं।

समय धूप साल के कुछ ही दिन पड़ती है। भारत के अधिकांश इलाकों में गर्मियों में दिन के समय खुले में रहना बेचैन कर देता है। दूसरी ओर, जाड़ों में आपने देखा होगा कि सूर्य ठीक सिर के ऊपर नहीं होता और मध्यान्ह के समय आपकी परछाई आपके पैरों में सिमटी नहीं होती। आपने मौसम के साथ दिन की लम्बाई में परिवर्तन पर ध्यान दिया होगा। इसकी व्याख्या कैसे करें? शुरुआत कुछ आँकड़े देखकर करते हैं।

गतिविधि 1: भारत के एक बड़े मानचित्र पर निम्नलिखित स्थानों को चिन्हित कीजिए और यह अन्दाज़ लगाने की कोशिश कीजिए कि क्यों सूर्योदय सबसे पहले डिब्रूगढ़ में होता है। तालिकाओं में दिए गए सारे समय IST (इंडियन स्टैंडर्ड टाइम) के मुताबिक हैं।

सूर्योदय व सूर्यास्त का समय (21 मार्च, 2024 के दिन)

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
कन्याकुमारी (तमिलनाडु)	6:23	18:30	12 घण्टे 7 मिनट
श्रीनगर (जम्मू व काश्मीर)	6:32	18:43	12 घण्टे 11 मिनट
जामनगर (गुजरात)	6:52	19:01	12 घण्टे 09 मिनट
डिब्रूगढ़ (आसाम)	5:13	17:22	12 घण्टे 09 मिनट

क्या सब जगह दिन की लम्बाई बराबर है?

अब किसी अन्य महीने के आँकड़े देखिए (21 जून, 2024)

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
कन्याकुमारी (तमिलनाडु)	6:03	18:39	12 घण्टे 36 मिनट
श्रीनगर (जम्मू व काश्मीर)	5:19	19:45	14 घण्टे 26 मिनट
जामनगर (गुजरात)	6:06	19:36	13 घण्टे 30 मिनट
डिब्रूगढ़ (आसाम)	4:15	18:08	13 घण्टे 53 मिनट

सबसे पहले सूर्य कहाँ उग रहा है? क्या अब दिन की लम्बाई अलग है? इसका कारण क्या हो सकता है?

दो और महीनों के आँकड़ों पर गौर कीजिए - 21 सितम्बर, 2024

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
कन्याकुमारी (तमिलनाडु)	6:09	18:16	12 घण्टे 7 मिनट
श्रीनगर (जम्मू व काश्मीर)	6:18	18:28	12 घण्टे 10 मिनट
जामनगर (गुजरात)	6:38	18:46	12 घण्टे 08 मिनट
डिब्रूगढ़ (आसाम)	4:58	17:07	12 घण्टे 09 मिनट

21 दिसम्बर, 2024

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
कन्याकुमारी (तमिलनाडु)	6:28	18:07	11 घण्टे 39 मिनट
श्रीनगर (जम्मू व काश्मीर)	7:32	17:25	09 घण्टे 53 मिनट
जामनगर (गुजरात)	7:25	18:10	10 घण्टे 45 मिनट
डिब्रूगढ़ (आसाम)	5:56	16:20	10 घण्टे 24 मिनट

क्या इन चार स्थानों पर सूर्योदय और सूर्यास्त के समय में और दिन की लम्बाई में परिवर्तन में कोई पैटर्न दिखता है?

दिन की लम्बाई महीना-दर-महीना बदलती है और लम्बे दिन का सम्बन्ध गर्म मौसम से दिखता है। इस लेख में हम देशान्तर और अक्षांश जैसे शब्दों (जो आप भूगोल में सीखते हैं) का सम्बन्ध आकाश में सूर्य की स्थिति में वर्षभर में होने वाले परिवर्तनों से देखेंगे और यह देखने की कोशिश करेंगे कि सालभर में मौसम अलग-अलग क्यों होते हैं। और वैसे तो मैंने अपने पहले लेख में ही सलाह दी थी कि आप *बाल वैज्ञानिक* की सारी गतिविधियाँ आज़मा लें। अलबत्ता, हम एक ज़रूरी गतिविधि यहाँ करके

क्या सूर्य रोज़ाना एक ही जगह से उदय और अस्त होता है?

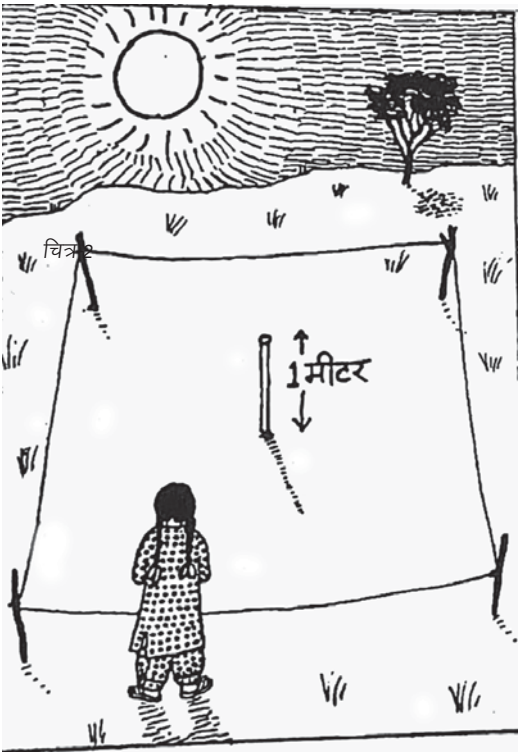
भोपाल में मेरे चाचा के घर का मुँह पूर्व की ओर है और उनके घर के सामने पानी की एक टंकी है। चाचा ने कई बार फख्र से बताया है कि सुबह बरामदे में बैठकर चाय की चुस्कियाँ लेने के लिए यह कितना मुफीद है। गर्मियों में सूर्य टंकी के पीछे उदित होता है। तो उनका बरामदा छाया में होता है और बाहर बैठने के लिए ठण्डा रहता है। और जाड़ों में, चूँकि सूर्य दक्षिण-पूर्व से उदय होता है, इसलिए वे सुबह की चाय का लुत्फ लेते हुए गुनगुनी धूप का मज़ा ले सकते हैं।

चित्र-1: *विभिन्न दिनों में सूर्य जिस दिशा में अस्त होता है, उसे दर्शाने वाली इस समग्र तस्वीर में आप देख सकते हैं कि जिस बिन्दु पर सूर्य क्षितिज के नीचे जाता है, वह मार्च से जून तक उत्तर की ओर बढ़ता है। यह देखने के लिए कि क्या इसका कोई पैटर्न है, वर्षभर इसका निरीक्षण करने का प्रयास करें। चूँकि चित्र में हम पश्चिम दिशा की ओर देख रहे हैं इसलिए बाईं ओर दक्षिण दिशा है और दाईं ओर उत्तर दिशा।*

इसी प्रकार से, इन्दौर में हमारा ऑफिस पहली मंज़िल पर था और उसमें दक्षिण की ओर खुलती एक बालकनी थी। जाड़ों में इस बालकनी में बढ़िया धूप पड़ती थी और हम अक्सर वहाँ खड़े होकर धूप तापते थे। और गर्मियों में, सूर्य अधिकांश समय सिर पर होता था, और चूँकि हमारे ऑफिस के ऊपर एक मंज़िल और थी, इसलिए कमरे बहुत गर्म नहीं होते थे।

देखेंगे। यह आगे की चर्चा का आधार बनेगी।

गतिविधि 2: किसी बड़े, खुले स्थान के मध्य में एक छड़ी इस तरह गाड़ दीजिए कि वह एकदम सीधी खड़ी रहे। यह स्थान ऐसा होना चाहिए कि दिन के अधिकांश समय यहाँ धूप पड़ती हो और आसपास के किसी पेड़ या इमारत की छाया छड़ी पर न पड़े। आप अपने मकान की छत पर भी यह गतिविधि कर सकते हैं। सुबह जितना जल्दी हो सके, यह गतिविधि शुरू कर दीजिए और छड़ी के ऊपरी सिरे की छाया जहाँ पड़े, उस जगह



चित्र: कैरन हैडॉक

चित्र-2: *पूरे दिन के दौरान छड़ी की छाया की लम्बाई और दिशा कैसे बदलती है? क्या ऐसा प्रतिदिन होता है या एक महीने/वर्ष के दौरान छाया की लम्बाई और दिशा, दोनों में कुछ बदलाव दिखाई देते हैं?*

यह चित्र बाल वैज्ञानिक से साभार।

आधे-आधे घण्टे में निशान लगाते जाइए। ऐसा माना जाता है कि मध्यान्ह के समय सूर्य ऐन सिर के ऊपर होता है, इसलिए 11 बजे के बाद हर 10-15 मिनट में छाया का निशान लगाइए। क्या मध्यान्ह के समय छाया सबसे छोटी है? यदि सूर्य सिर के ठीक ऊपर होगा, तो छाया नहीं बननी चाहिए। क्या ऐसा हुआ?

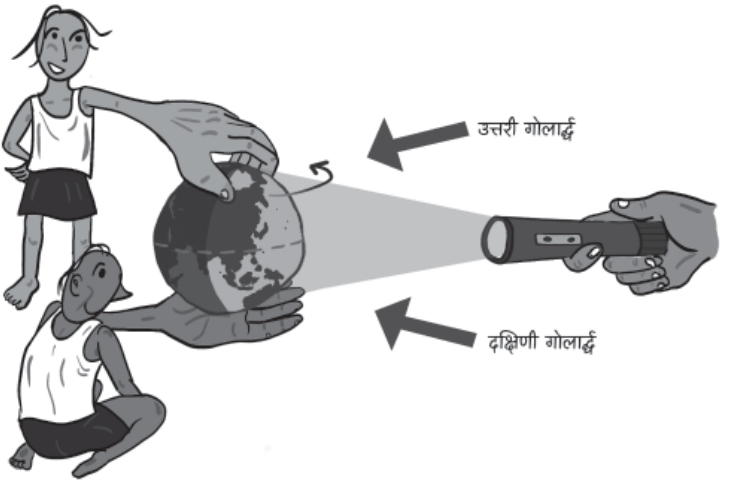
छड़ी को गड़ी रहने दीजिए और यह देखिए कि उसकी छाया की लम्बाई कैसे बदलती है। यह अवलोकन लगभग दो महीनों तक कम-से-कम पन्द्रह दिन में एक बार कीजिए। यदि हो सके तो पूरे साल तक छाया की लम्बाइयों को नोट कर लीजिए। यह भी नोट कीजिए कि हर दिन सूर्य कहाँ उदय और अस्त होता है।

क्या यह स्थान समय के साथ स्थिर रहता है? क्या इसमें कोई पैटर्न है और क्या यह पैटर्न दोहराया जाता है?

एक ग्लोब और टॉर्च की मदद से दिन की लम्बाई कैसे पता करें?

ग्लोब (गोले) को एक हाथ में इस तरह पकड़िए कि टॉर्च की रोशनी उसके एक तरफ पड़े (यह गतिविधि रात में करना बेहतर होता है, लेकिन किसी कमरे का अँधेरा कोना भी ठीक रहेगा)। ग्लोब को अपने दूसरे हाथ से घुमाइए और देखिए कि किसी एक बिन्दु पर टॉर्च की रोशनी कुछ समय के लिए पड़ती है (यानी वहाँ दिन है) और कुछ समय तक वह बिन्दु टॉर्च की रोशनी के दूसरी ओर है (यानी वहाँ रात है)। ग्लोब को एक स्थिर गति से घुमाना मुश्किल है, तो हम दिन की लम्बाई का अनुमान कैसे करें?

एक आसान तरीका है, भूमध्य रेखा की स्थिति को नोट करना। यह काल्पनिक रेखा पृथ्वी को दो बराबर भागों में बाँटती है - उत्तरी और दक्षिणी गोलार्ध। अब कोई एक गोलार्ध ले लीजिए और यह देखिए कि इस गोलार्ध का कितना हिस्सा टॉर्च की रोशनी से प्रकाशित है। यदि आधा गोलार्ध प्रकाशित है, तो दिन और रात बराबर लम्बाई के हैं। यदि उत्तरी गोलार्ध का आधे से ज़्यादा हिस्सा प्रकाशित है और प्रकाश उत्तरी ध्रुव पर भी पड़ रहा है, तो रातों के मुकाबले दिन लम्बे हैं।



चित्र-3: *विभिन्न स्थानों में दिन की लम्बाई जानने के लिए टॉर्च और ग्लोब का उपयोग - यदि टॉर्च का प्रकाश प्रत्येक गोलार्ध के समान भागों पर पड़ता है, तो दिन की लम्बाई सभी जगह समान होती है। लेकिन यदि टॉर्च की रोशनी दक्षिणी गोलार्ध के अधिक भाग पर पड़ रही है, तो दक्षिणी गोलार्ध के स्थानों में लम्बे दिन और छोटी रातें हो रही हैं, जबकि उत्तरी गोलार्ध में इसका विपरीत होता है। चित्र: मधुश्री*

दिन की अवधि में परिवर्तन पूरी दुनिया में देखे जा सकते हैं। चलिए, कुछ और स्थानों के आँकड़े देखते हैं और पता करते हैं कि क्या दुनिया के विभिन्न इलाकों में दिन की लम्बाई में होने वाले परिवर्तनों में कोई पैटर्न है। (ध्यान दें कि नीचे दी गई तालिकाओं में हरेक स्थान का समय वहाँ के अपने समय-क्षेत्र के मुताबिक है।)

एलीस स्प्रिंग्स, ऑस्ट्रेलिया (23°42′S / 133°53′E)	ACST (GMT + 9.30 घण्टे)
मिसूल, इंडोनेशिया (1°52′S / 130°10′E)	WIT (GMT + 9 घण्टे)
किकाई, जापान (32°25′N / 130°00′E)	JST (GMT + 9 घण्टे)
हार्बिन, चीन (45°46′N / 126°37′E)	CST (GMT + 8 घण्टे)
ग्रीनविच, इंग्लैंड (51°29′N 0°00′E/W)	(GMT)

21 मार्च, 2024

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
एलीस स्प्रिंग्स, ऑस्ट्रेलिया	6:38	18:44	12 घण्टे 06 मिनट
मिसूल, इंडोनेशिया	6:23	18:29	12 घण्टे 06 मिनट
किकाई, जापान	6:22	18:32	12 घण्टे 10 मिनट
हार्बिन, चीन	5:34	17:47	12 घण्टे 13 मिनट
ग्रीनविच, इंग्लैंड	5:59	18:15	12 घण्टे 16 मिनट

21 जून, 2024

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
एलीस स्प्रिंग्स, ऑस्ट्रेलिया	7:16	17:56	10 घण्टे 40 मिनट
मिसूल, इंडोनेशिया	6:20	18:21	12 घण्टे 01 मिनट
किकाई, जापान	5:13	19:30	14 घण्टे 17 मिनट
हार्बिन, चीन	3:43	19:27	15 घण्टे 44 मिनट
ग्रीनविच, इंग्लैंड	4:42	21:20	16 घण्टे 38 मिनट

21 सितम्बर, 2024

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
एलीस स्प्रिंग्स, ऑस्ट्रेलिया	6:25	18:30	12 घण्टे 05 मिनट
मिसूल, इंडोनेशिया	6:09	18:15	12 घण्टे 06 मिनट
किकाई, जापान	6:07	18:17	12 घण्टे 10 मिनट
हार्बिन, चीन	5:19	17:33	12 घण्टे 14 मिनट
ग्रीनविच, इंग्लैंड	6:45	18:59	12 घण्टे 14 मिनट

21 दिसम्बर, 2024

स्थान	सूर्योदय	सूर्यास्त	दिन की लम्बाई
एलीस स्प्रिंग्स, ऑस्ट्रेलिया	5:44	19:20	13 घण्टे 36 मिनट
मिसूल, इंडोनेशिया	6:10	18:24	12 घण्टे 14 मिनट
किकाई, जापान	7:17	17:18	10 घण्टे 01 मिनट
हार्बिन, चीन	7:11	15:51	08 घण्टे 40 मिनट
ग्रीनविच, इंग्लैंड	8:03	15:53	07 घण्टे 50 मिनट

गतिविधि 3: तालिका में दिए गए स्थानों को विश्व के एक बड़े मानचित्र में खोजिए। फिर हरेक स्थान के लिए सूर्योदय और सूर्यास्त का समय देखिए।

अब निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

क) प्रत्येक स्थान पर दिन की लम्बाई कैसे बदलती है? किस स्थान पर बदलाव सबसे अधिक है – अर्थात् उपरोक्त में से किस स्थान पर दिन सबसे छोटे और सबसे बड़े होते हैं?

ख) जब हार्बिन में सबसे लम्बा दिन होता है, तब क्या शेष स्थानों पर भी दिन सबसे लम्बे होते हैं?

ग) इनमें से प्रत्येक स्थान पर सालभर में दिन की लम्बाई में कितना परिवर्तन होता है? क्या स्थान-दर-स्थान दिन की लम्बाई में उतार-चढ़ाव में कोई पैटर्न है? क्या इसका सम्बन्ध उस स्थान की भौगोलिक स्थिति से है?

घ) दिन की लम्बाई में सबसे कम उतार-चढ़ाव कहाँ दिखता है?

दिन की लम्बाई इस तरह क्यों बदलती है, इसे समझने के लिए हमें

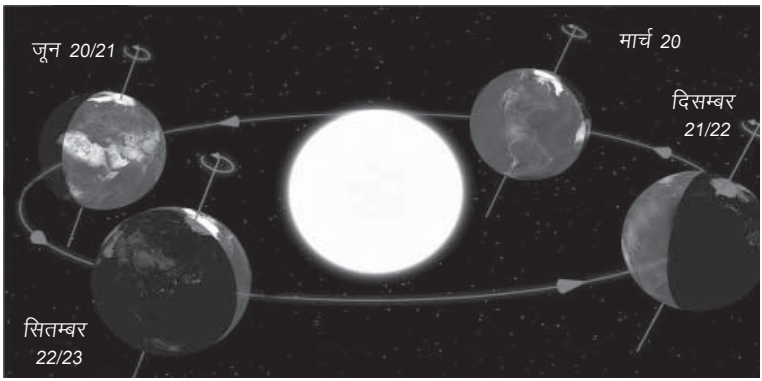
पृथ्वी का अक्ष साढ़े तेईस अंश झुका हुआ है: इसका अर्थ क्या है?

साढ़े तेईस की यह संख्या हमारे ऊपर तब फेंक दी जाती है, जबकि हम कोण नापना सीखे भी नहीं होते। और जब हम कोण नापना सीखते हैं, तो हमें पता चलता है कि कोण बनाने के लिए दो रेखाओं की ज़रूरत होती है। तो साढ़े तेईस अंश के इस कोण के लिए एक रेखा तो पृथ्वी का अक्ष है, लेकिन दूसरी रेखा कौन-सी है? उसे कैसे परिभाषित करें?

यह एक ऐसी बात है जिसे लेकर हमारी पाठ्यपुस्तकों में कभी बात नहीं की जाती और स्कूल हमें सिखाता है कि कठिन सवाल पूछ-पूछकर कक्षा में अफरा-तफरी मत फैलाओ। लिहाज़ा, मुझे इस बात को लेकर सन्देह है कि हममें से कोई भी यह बात प्राथमिक या माध्यमिक कक्षाओं में जानता रहा होगा/गी।

हमने देखा कि यदि हम ग्लोब को सूर्य के आसपास घुमाते वक्त उसके अक्ष को उर्ध्वाधर रखें तो दिन की लम्बाई में कोई उतार-चढ़ाव नहीं होता। साढ़े तेईस अंश इसी उर्ध्व रेखा से नापा जाता है और यह उर्ध्व रेखा पृथ्वी की कक्षा के तल पर लम्ब होगी।

सारे ग्रह सूर्य की परिक्रमा लगभग एक ही तल में करते हैं और इसीलिए सबके सब राशिचक्र की पट्टी में नज़र आते हैं। और जब हम तीन या तीन से ज़्यादा ग्रह एकसाथ देख पाते हैं, तो वे सब एक सीधी रेखा में होते हैं। और इसलिए हम अन्य ग्रहों के अक्ष के झुकाव भी इसी तल के लम्ब से नाप सकते हैं। यह झुकाव अलग-अलग ग्रहों के लिए अलग-अलग होता है और युरेनस के मामले में यह तकरीबन 90 अंश है!



चित्र: मधुश्री

चित्र-4: *पृथ्वी की धुरी के झुकाव के कारण, सूर्य के चारों ओर अपनी कक्षा में विभिन्न स्थितियों में, सूर्य की ओर प्रत्येक गोलार्ध का भाग बदल जाएगा। यह भी देखा जा सकता है कि कुछ स्थितियों में सूर्य का प्रकाश उत्तरी ध्रुव/दक्षिणी ध्रुव पर बिलकुल नहीं पड़ेगा, भले ही पृथ्वी अपनी धुरी पर एक चक्कर पूरा कर ले।*

यह पता करना होगा कि पृथ्वी सूर्य के आसपास किस तरह चक्कर लगाती है। और इसी मुकाम पर पृथ्वी के अक्ष के झुका होने का महत्व समझ में आता है। हम इस बात को अलग से उठाएँगे कि बचपन से जो साढ़े तेईस अंश की बात हम सुनते आए हैं, उसका मतलब क्या है। फिलहाल, पृथ्वी को सूर्य का चक्कर तो लगवा लें।😊

गतिविधि 4: ग्लोब को उसके स्टैंड से अलग कर लीजिए और उसे ऐसे पकड़िए कि उसकी घूर्णन अक्ष उर्ध्वाधर रहे। किसी खुले क्षेत्र के केन्द्र पर प्रकाश का एक स्रोत रख दें (इस गतिविधि को रात को या किसी अँधेरे कमरे में करना बेहतर होगा)। अब पृथ्वी (ग्लोब) को प्रकाश स्रोत (सूर्य) के आसपास एक वृत्त में घुमाइए। इस वृत्त की परिधि पर बराबर-बराबर दूरी पर चार निशान लगा दीजिए (देखें चित्र-4)। अब हरेक बिन्दु पर देखिए कि दिन की लम्बाई अलग-अलग स्थानों पर अलग-अलग है या बराबर है।

क्या पृथ्वी का अक्ष डगमगाता है? अर्थात्, क्या यह साल के अलग-अलग समय पर अलग-अलग दिशा में होता है?[1]

मोटे तौर पर कहें (फुटनोट देखें), तो यह अक्ष सदैव एक ही दिशा को इंगित करता है। यदि हम अक्ष की रेखा को अन्तरिक्ष में आगे बढ़ाएँगे, तो यह रेखा ध्रुव तारे से होकर गुज़रेगी। इसलिए जब हम रात में अवलोकन करते हैं, तो ध्रुव तारा हमेशा एक ही स्थान पर दिखता है।[2] तो सरल अवलोकनों के आधार पर हम जानते हैं कि पृथ्वी का अक्ष नहीं डगमगाता।

फिर हमने देखा कि जब तक हम सूर्य की परिक्रमा करती पृथ्वी के अक्ष को न झुकाएँ और उसे हर समय एक ही दिशा में न रखें, तब तक हम वर्ष के अलग-अलग समयों पर, अलग-अलग स्थानों पर दिन की अवधि में परिवर्तनों की व्याख्या नहीं कर सकते।

इसके अलावा, जब हम कोणीय संवेग के संरक्षण का नियम सीखते हैं, तो देख सकते हैं कि पृथ्वी के अक्ष की दिशा में परिवर्तन करते रहने के लिए कितना अधिक बल लगेगा। पृथ्वी का घूर्णन उसे स्थिरता प्रदान करता है!!

---

[1] *पृथ्वी के अक्ष के पुरस्सरण (precession) का मतलब होता है कि अक्ष सचमुच डगमगाता है, लेकिन इस बारीक-से फर्क को एक वर्ष की अवधि में नहीं देखा जा सकता। इसलिए इस लेख की दृष्टि से हम कह सकते हैं कि पृथ्वी का अक्ष सदैव ध्रुव तारे की ओर इंगित करता है – यानी इस अक्ष को अन्तरिक्ष में आगे बढ़ाएँ तो यह ध्रुव तारे से होकर गुज़रेगा। इस विषय पर मुकम्मल चर्चा के लिए एक पूरे लेख की ज़रूरत होगी।*

[2] *अक्षांश व देशान्तर सम्बन्धी बॉक्स देखें।*

गतिविधि 5: ग्लोब को वापिस उसके स्टैंड पर लगा दीजिए। आप देखेंगे कि घूर्णन का अक्ष अब एक निश्चित कोण पर झुका हुआ है। अक्ष को किसी एक दिशा की ओर रखिए (उदाहरण के लिए, अक्ष के उत्तरी ध्रुव वाले सिरे को कमरे में किसी बिन्दु, जैसे पंखे या घड़ी या रोशनी के स्रोत की ओर रखा जा सकता है)। यह सुनिश्चित कीजिए कि पृथ्वी को सूर्य के आसपास चक्र लगवाते हुए अक्ष हमेशा इसी दिशा में रहे। अब ग्लोब को प्रकाश स्रोत के आसपास घुमाइए और पहले के समान उन्हीं चार बिन्दुओं पर ले जाइए। ध्यान दीजिए कि क्या उत्तरी गोलार्ध का जो हिस्सा प्रकाशित हो रहा है, वह अँधेरे वाले हिस्से के बराबर है। यदि यह अँधेरे हिस्से से कम या ज़्यादा है, तो यह देखिए कि क्या दक्षिणी गोलार्ध में भी यही स्थिति है।

अब निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए:

क) सारी स्थितियों में क्या भूमध्य रेखा की प्रकाशित लम्बाई अँधेरे भाग की लम्बाई के बराबर है या अलग है? इस लम्बाई को नापने के लिए आप एक धागे या नापने के फीते का उपयोग कर सकते हैं। इससे आपको क्या पता चलता है कि भूमध्य रेखा पर या भूमध्य रेखा के पास स्थित इलाकों में सालभर में दिन की लम्बाई कैसे बदलती है?

अक्षांश व देशान्तर

पिछले बॉक्स में मैंने ज़िक्र किया था कि ध्रुव तारा रात के आकाश में हमेशा एक ही स्थान पर दिखता है। लेकिन यदि हम किसी नई जगह पर जाएँ, जो हमारी मूल जगह से उत्तर या दक्षिण की ओर है, तो हम देखेंगे कि ध्रुव तारा अब एक नई जगह पर दिख रहा है। लेकिन पूरी रात और हर रात यह उसी नई जगह पर दिखेगा।

दरअसल, यदि हम उत्तर की ओर बढ़ते जाएँ, तो ध्रुव तारा क्षितिज से अधिक ऊपर दिखाई देता जाएगा और अन्ततः जब हम उत्तरी ध्रुव पर पहुँचेंगे तो वह सिर के ठीक ऊपर होगा। तब क्या होगा जब हम दक्षिण की ओर जाएँगे? इस मामले में ध्रुव तारा अधिक-से-अधिक क्षितिज की ओर दिखता जाएगा और अन्ततः क्षितिज के नीचे ओझल हो जाएगा। आदर्श स्थिति में ऐसा तब होगा जब हम भूमध्य रेखा पर पहुँचेंगे, लेकिन आजकल प्रकाश प्रदूषण की परिस्थिति में होगा यह कि हम भूमध्य रेखा से कुछेक अंश उत्तर में होंगे तभी ध्रुव तारा प्रकाश प्रदूषण की चकाचौंध में गुम हो जाएगा।

तो किसी स्थान का अक्षांश यह बताता है कि वहाँ ध्रुव तारा क्षितिज से कितना ऊपर दिखाई देगा। जैसे हार्बिन में ध्रुव तारा क्षितिज से लगभग साढ़े पैंतालिस अंश ऊपर होता है।

और एलिस स्प्रिंग्स में? जब दक्षिण की ओर बढ़ते हुए, हम भूमध्य रेखा को पार कर जाते हैं, तो ध्रुव तारा हमारे रात के आकाश से नदारद हो जाता है। दक्षिणी गोलार्ध में पृथ्वी का अक्ष किसी एक तारे की ओर इंगित नहीं करता बल्कि तारों के एक झुण्ड की ओर होता है; इस झुण्ड की आकृति क्रॉस के समान है। इस तारामण्डल को सदर्न क्रॉस कहते हैं और दिशा ज्ञात करने में इसका उपयोग उसी तरह किया जाता है जैसे हम ध्रुव तारे का करते हैं।

देशान्तर क्या है? इस लेख के आरम्भ में हमने देखा था कि सूर्य सबसे पहले डिब्रूगढ़ में उगता है क्योंकि वह हमारी सूची में सबसे पूर्व का स्थान था। हम जानते हैं कि पृथ्वी को एक घूर्णन पूरा करने (यानी 360 अंश घूमने) में 24 घण्टे लगते हैं। यानी 1 घण्टे में वह 15 अंश घूम जाती है। पृथ्वी को उत्तरी ध्रुव से दक्षिण ध्रुव तक फैली काल्पनिक रेखाओं की मदद से विभाजित किया गया है। लेकिन ये रेखाएँ 360 अंश की बजाय इंग्लैंड में ग्रीनविच[3] नामक स्थान पर 0 अंश से शुरू होकर पूर्व तथा पश्चिम की ओर 1 से 179 अंश तक जाती हैं। 180 अंश की रेखा अन्तर्राष्ट्रीय तिथि रेखा कहलाती है। यह एक मनमानी रेखा है जो बताती है कि नया दिन किस वक्त शुरू होता है। राजनैतिक कारणों से, यह एक सरल रेखा नहीं बल्कि एक ज़िगज़ैग रेखा है क्योंकि प्रशान्त महासागर के द्वीप नहीं चाहते थे कि उनके यहाँ दिन सबसे आखिरी में शुरू हो और इसलिए उस रेखा को पूर्व की ओर सरका दिया!

शुरू-शुरू में तो हर स्थान अपने स्थानीय देशान्तर के अनुसार अपने समय की गणना करता था। भारत में भी एक से ज़्यादा समय-क्षेत्र (टाइम ज़ोन) थे। लेकिन रेल्वे को सुचारु ढंग से चलाने के लिए कुछ तालमेल बनाना तो ज़रूरी था। इसलिए भारतीय मानक समय के लिए ग्रीनविच के पूर्व में 82½ देशान्तर का इस्तेमाल किया जाता है।

इस देशान्तर पर स्थित भारत के किसी भी स्थान पर **स्थानीय मध्यान्ह** (जब सूर्य ज़ैनिथ पर हो पर ज़रूरी नहीं कि ऐन सिर के ऊपर हो) और घड़ी के अनुसार मध्यान्ह एक ही समय पर होंगे। लेकिन इस देशान्तर से पूर्व की ओर स्थित स्थानों पर लोग पाएँगे कि दोपहर 12 बजे सूर्य थोड़ा पश्चिम की ओर निकल गया है जबकि इस देशान्तर से पश्चिम की ओर के स्थानों पर दोपहर 12 बजे सूर्य अभी भी आकाश के पूर्वी हिस्से में ही होगा। डिब्रूगढ़ और जामनगर में सूर्योदय और सूर्यास्त के समय का लगभग दो घण्टे का अन्तर हमें बताता है कि भारत पूर्व से पश्चिम में लगभग 30 अंश में फैला हुआ है!

[3] *ग्रीनविच के शून्य अंश पर होने से यह झलकता है कि उस समय दुनिया में इंग्लैंड का दबदबा था। जब पहले-पहल नक्शे बनाए जाने लगे, तो हर देश स्वयं को नक्शे के केन्द्र में रखना चाहता था (इसी का एक परिणाम था नाम मेडिटेरेनियन या भूमध्य सागर, यानी वह समुद्र जो पृथ्वी के बीचोंबीच है। यह नाम युनानियों द्वारा रखा गया था!) और काफी समय तक नक्शों में पैरिस का देशान्तर 0 अंश दर्शाया जाता था। लेकिन ब्रिटिश साम्राज्य के उदय का नतीजा यह हुआ कि ग्रीनविच को साम्राज्य के पतन के बाद भी 0 अंश माना जाता रहा।*

ख) क्या 'सूर्य' के आसपास परिक्रमा के दौरान कोई ऐसी स्थिति भी आती है, जब पूरी 24 घण्टे की अवधि (यानी जितना समय आपकी पृथ्वी को एक घूर्णन पूरा करने में लगता है) में उत्तर या दक्षिण ध्रुव पर कोई प्रकाश नहीं पहुँचता?

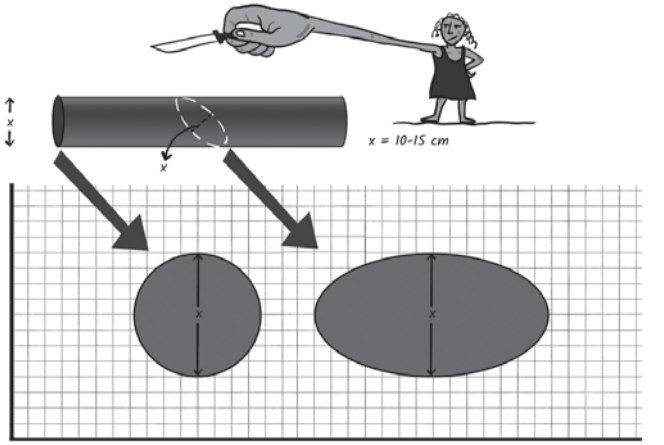
ग) जिस स्थिति में उत्तरी गोलार्ध में दिन की लम्बाई अधिक है, तब यदि आप उत्तर की ओर वाले इलाकों और भूमध्य रेखा के आसपास के इलाकों को देखें तो क्या उत्तर की ओर वाले इलाकों में अन्धकार का क्षेत्र घटता है या बढ़ता है? यह अवलोकन गतिविधि 3 में दिए गए विभिन्न स्थानों पर दिन की लम्बाई के आँकड़ों से कैसे मेल खाता है?

जैसा कि आप देख सकते हैं, यह गतिविधि करते हुए हम उन सारे तथ्यों का अर्थ समझ सकते हैं जो हमें स्कूल में पढ़ाए गए थे। जैसे ध्रुवों पर 6 माह का दिन होना, वे स्थान जहाँ सूर्य ग्रीष्मकालीन अयनान्त (summer solstice) के दिन डूबता ही नहीं, वगैरह। और यह सब सिर्फ इसलिए होता है क्योंकि पृथ्वी का अक्ष उसके परिक्रमा तल पर लम्ब से साढ़े तेईस अंश झुका हुआ है।

मौसमों का श्रेय भी पृथ्वी के अक्ष के उसी झुकाव को जाता है। लम्बे दिनों का मतलब है कि दिन के समय ज़्यादा ऊष्मा प्राप्त होगी, बनिस्बत रात में गँवाई ऊष्मा के। इसलिए गर्मियाँ जाड़ों की अपेक्षा गर्म होती हैं। और उत्तरी गोलार्ध में जब सर्दियाँ होती हैं, उस समय दक्षिणी गोलार्ध में गर्मियाँ होती हैं और इसका उल्टा भी होता है। लेकिन ऐसा क्यों है कि ध्रुवों के नज़दीक जाएँ तो सबसे ज़्यादा गर्मी नहीं होती, और क्यों पृथ्वी के सबसे गर्म स्थान भूमध्य रेखा के निकट हैं, जहाँ दिन की लम्बाई 14-15 घण्टे से आगे नहीं जाती?

गतिविधि 6: 10-15 से.मी. व्यास का एक पीवीसी पाइप लीजिए और उसे तिरछा काट लीजिए (देखें चित्र-5)। ऐसा करने पर पाइप के एक सिरे पर अण्डाकार आकृति मिलेगी और दूसरे सिरे पर एक वृत्त मिलेगा। एक ग्राफ पेपर पर इन दोनों आकृतियों का रेखाचित्र बनाइए। किस आकृति का क्षेत्रफल ज़्यादा है?

गतिविधि 7: इसके लिए सबसे बढ़िया होगा लेज़र पॉइन्टर का इस्तेमाल। लेकिन इसका उपयोग सावधानीपूर्वक करें – जब यह पॉइन्टर किसी के चेहरे की ओर हो, तो इसे कदापि चालू न करें। एक ग्लोब को मेज़ पर रख दीजिए ताकि वह एक ठीक-ठाक ऊँचाई पर रहे। अब लेज़र पॉइन्टर को इस तरह पकड़िए कि लेज़र पुंज मेज़ की सतह के समान्तर रहे। पॉइन्टर को ऊपर या नीचे करके उसके प्रकाश को ग्लोब के अलग-अलग हिस्सों पर डालिए। यह ध्यान दीजिए कि किन हिस्सों में रोशनी एक वृत्त के आकार में पड़ती है और कहाँ यह खिंचकर थोड़ी अण्डाकार



चित्र: मधुश्री

चित्र-5: *यदि हम एक बेलनाकार वस्तु को तिरछा काटें और उसकी सतह का क्षेत्रफल मापें तो यह वृत्ताकार आधार के क्षेत्रफल से अधिक होगा। इसकी पुष्टि पीवीसी पाइप के दोनों सिरों के क्षेत्रों को मापकर की जा सकती है जिन्हें एक तरफ से एक कोण पर काटा गया है। क्षेत्रफल को ग्राफ पेपर पर दोनों सिरों की रूपरेखा बनाकर और प्रत्येक के अन्दर के वर्गों को गिनकर मापा जा सकता है।*

हो जाती है। भूमध्य रेखा पर क्या हो रहा है? और जब लेज़र पुंज किसी भी ध्रुव की तरफ जाता है तो क्या होता है?

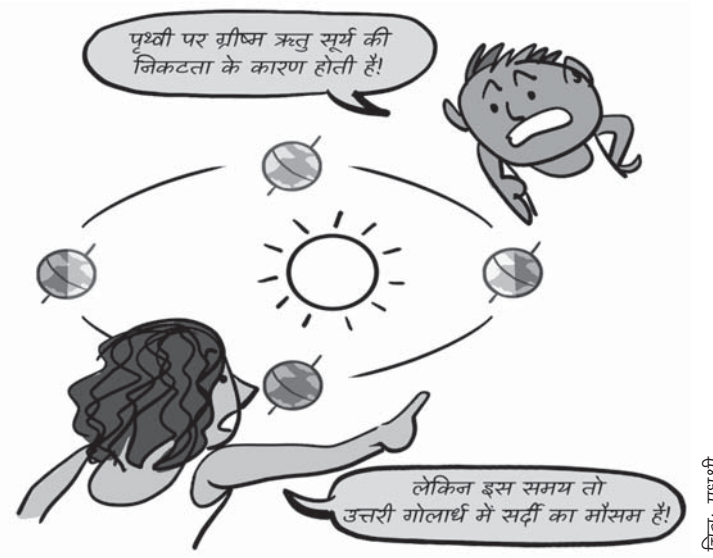
हम मान सकते हैं कि ग्लोब पर पड़ता लेज़र पुंज या पीवीसी पाइप के सिरे द्वारा घेरा गया क्षेत्र सूर्य से आने वाली ऊर्जा का द्योतक है। पुंज की मोटाई या पीवीसी पाइप की आड़ी काट के क्षेत्रफल को ऊर्जा की मात्रा मानें तो वह अलग-अलग क्षेत्रफल में बिखर रही है। क्षेत्रफल कम होने का मतलब है कि वहाँ प्रति इकाई क्षेत्रफल अधिक ऊर्जा पहुँच रही है। इसलिए, ध्रुवों के नज़दीक के इलाकों, जहाँ सूर्य कभी ठीक सिर के ऊपर नहीं होता, हालाँकि दिन की लम्बाई ज़्यादा होती है, में सूर्य की ऊर्जा एक बड़े क्षेत्र में फैलती है और तापमान कभी बहुत अधिक नहीं हो पाता। आपने देखा ही होगा कि गर्मियों में जब दोपहर के आसपास सूर्य सिर पर होता है, तब बाहर खड़े रहना असम्भव प्रतीत होता है जबकि जाड़ों में सूर्य की तिरछी किरणें काफी सुकूनदायक लगती हैं।

एक और भ्रम काफी प्रचलित है। इस भ्रम को पाठ्यपुस्तकों में छपे भ्रामक चित्रों ने तथा इस कथन ने पैदा किया है कि सूर्य के आसपास

पृथ्वी का परिक्रमा पथ एकदम वृत्ताकार नहीं है और इस वजह से पृथ्वी सालभर में कुछ समय सूर्य के थोड़ा नज़दीक रहती है। इससे ऐसा लगने लगता है कि गर्मियाँ उस अवधि में होती होंगी जब पृथ्वी सूर्य के नज़दीक होती है। ज़ाहिर है, इस कथन पर सबसे बड़ी आपत्ति तो यह है कि दक्षिणी गोलार्ध में जब गर्मियाँ होती हैं (पृथ्वी सूर्य के सबसे नज़दीक जनवरी के प्रथम सप्ताह में होती है), उस समय उत्तरी गोलार्ध में जाड़ा होता है। इस भ्रम से पार पाने का सर्वोत्तम तरीका तो यह होगा कि हम सूर्य, पृथ्वी और चन्द्रमा का एक ही पैमाने का मॉडल देखें, जिसमें उनके बीच की दूरियाँ भी उसी पैमाने पर दर्शाई गई हों। आगे निर्मित तालिका में सारे आँकड़े दिए गए हैं; तालिका में आकार और दूरियाँ 1 लाख कि.मी. = 1 से.मी. के पैमाने पर दी गई हैं।

यदि हम इन आकारों का उपयोग

	सूर्य	पृथ्वी	चांद
व्यास (कि.मी.)	13,92,684	13,462	3,480
सूर्य से दूरी (निकटतम) (कि.मी.)	-	1,471 लाख	-
सूर्य से दूरी (दूरतम) (कि.मी.)	-	1,521 लाख	-
पृथ्वी से दूरी (कि.मी.)	-	-	3,84,400
आकार (व्यास) पैमाने के अनुसार (1 लाख कि.मी. = 1 से.मी.)	14 से.मी.	0.13 से.मी.	0.03 से.मी.
सूर्य से दूरी पैमाने अनुसार (निकटतम) (1 लाख कि.मी. = 1 से.मी.)	-	14.7 मी.	-
सूर्य से दूरी पैमाने अनुसार (दूरतम) (1 लाख कि.मी. = 1 से.मी.)	-	15.2 मी.	-
पृथ्वी से दूरी पैमाने अनुसार (1 लाख कि.मी. = 1 से.मी.)	-	-	4 से.मी.



चित्र: मधुश्री

चित्र-6: *जब पृथ्वी सूर्य के सबसे निकट होती है, तब हम ग्रीष्म ऋतु की उम्मीद करते हैं; लेकिन इसका खण्डन इस तथ्य से होता है कि दोनों गोलार्धों में ऋतुएँ समान नहीं हैं। जनवरी में जब पृथ्वी सूर्य के सबसे निकट होती है, तब ऑस्ट्रेलिया, दक्षिण अफ्रीका और अर्जेंटीना जैसी जगहों पर गर्मी होती है; लेकिन उसी समय हमारे यहाँ सर्दी होती है।*

करते हुए सौर मण्डल का पैमाना मॉडल[4] बनाएँ तो सूर्य लगभग एक खरबूज़ के बराबर होगा जो पृथ्वी से औसतन 15 मीटर की दूरी पर होगा और पृथ्वी राई के दाने के बराबर दिखेगी (और चाँद उसका लगभग 50वाँ हिस्सा!)। हालाँकि, सूर्य से निकटतम और दूरतम फासलों में अन्तर बहुत बड़ा लगता है, लेकिन प्रतिशत अन्तर बहुत अधिक नहीं है, और इस पैमाने में साफ दिख जाता है कि यह अन्तर नगण्य है। लिहाज़ा, निकटतम और दूरतम फासले में अन्तर से मौसम नहीं बदलते। मौसम बदलते हैं तो पृथ्वी के अक्ष के झुके होने की वजह से।

हालाँकि, सूर्य पृथ्वी और चाँद से बहुत बड़ा है लेकिन यह एक रोचक

[4] *स्वीडन, कनाडा और ऑस्ट्रेलिया जैसे कई देशों में पूरे सौर मण्डल के स्थायी पैमाना मॉडल बनाए गए हैं। इन्हें देखना काफी उपयोगी हो सकता है – अपने छात्रों के साथ मिलकर एक ऐसा मॉडल बनाने का प्रयास काफी रोचक और चुनौतीपूर्ण होगा।*

संयोग है कि सूर्य के इतना दूर होने की वजह से पृथ्वी से देखने पर सूरज और चाँद लगभग बराबर दिखते हैं (लगभग ½ अंश बड़ा)। पृथ्वी के आसपास चन्द्रमा की कक्षा भी एकदम वृत्ताकार नहीं है, और इसलिए चाँद कभी-कभी पृथ्वी के निकट होता है और बड़ा दिखता है, जिसे सुपरमून कहते हैं। आभासी आकार में समानता की वजह से कभी-कभी ऐसा होता है कि चन्द्रमा सूर्य और पृथ्वी के एकदम बीच में आ जाता है और परिणाम होता है, सूर्य ग्रहण। अलबत्ता, ग्रहण की बात हम अगले लेख में करेंगे।

परन्तु यह लेख समेटने से पहले, मैं चाहूँगी कि आप एक और मुद्दे के बारे में सोचें। आपने कई सूत्र देखे जिन्होंने पृथ्वी, उसके घूर्णन, और विभिन्न आकाशीय पिण्डों की गतियों की हमारी समझ को आकार दिया है। क्या आपको गम्भीरता से लगता है कि इस पूरे विषय को प्राथमिक शिक्षा में शामिल किया जाना चाहिए और यह मान लेना चाहिए कि बच्चे इसे समझ गए हैं और मिडिल या हाई स्कूल में इसकी बात करने की कतई ज़रूरत नहीं है?

उमा सुधीर: *एकलव्य* के साथ जुड़ी हैं। दो दशक से विज्ञान शिक्षण के क्षेत्र में काम कर रही हैं।

अँग्रेज़ी से अनुवाद: सुशील जोशी: *एकलव्य* द्वारा संचालित स्रोत फीचर सेवा से जुड़े हैं। विज्ञान शिक्षण व लेखन में गहरी रुचि।

चित्र: मधुश्री: फ्रीलांस चित्रकार व परफॉर्मर। बच्चों व वयस्कों, दोनों के लिए कहानियाँ कहने की विभिन्न कथात्मक, चित्रात्मक व अभिनय की शैलियों में रुचि।