आकाशीय पिण्डों की गति की व्याख्या

सूर्य और चन्द्र ग्रहण कब होते हैं?

उमा सुधीर

इस शृंखला की पिछली चार किश्तों में हमने आकाश में सूरज, चांद, और ग्रहों की आभासी गतियों को देखा और यह समझने की कोशिश की कि इनकी व्याख्या निम्नलिखित आधारों पर की जा सकती है:

- पृथ्वी के अपनी धुरी पर हर 24 घण्टे में एक बार घूम जाने (घूर्णन)
- चाँद की पृथ्वी के आसपास परिक्रमा; और
- पृथ्वी तथा अन्य ग्रहों द्वारा सूर्य की परिक्रमा जिसमें ग्रहों की अपनी-अपनी परिक्रमा-अवधि होती है।

अलबत्ता, मैंने सबसे हैरतअंगेज़ नज़ारे को इस अन्तिम लेख के लिए बचा रखा था - सूर्यग्रहण और चन्द्रग्रहण।

हमें बताया गया है कि जब चन्द्रमा की परछाई पृथ्वी के कुछ हिस्से पर पड़ती है तो सूर्यग्रहण होता है और जब पृथ्वी की परछाई चन्द्रमा पर पड़ती है तो चन्द्रग्रहण होता है। आकाशीय पिण्डों की गति सम्बन्धी इस अन्तिम लेख में मेरी योजना यह समझाने की है कि ये ग्रहण कैसे लगते हैं और कब लगते हैं।

चन्द्रग्रहण को देखना तो आसान है क्योंकि आप कहीं भी रहते हों, साल में एक चन्द्रग्रहण तो हो ही जाता है। हो सकता है, यह आंशिक (खण्डग्रास) हो या पूर्ण (खग्रास)। पूर्ण चन्द्रग्रहण के दौरान कम-से-कम कुछ समय के लिए पूरा-का-पूरा चन्द्रमा पृथ्वी की छाया में होता है जबकि आंशिक चन्द्रग्रहण के दौरान पूरे समय चन्द्रमा का कुछ हिस्सा प्रकाशित रहता है।

सूर्यग्रहण अपेक्षाकृत बिरली घटना होते हैं और अधिकांश सूर्यग्रहण आंशिक होते हैं। पूर्ण सूर्यग्रहण (जब कुछ समय के लिए पूरे-के-पूरे सूर्य को चन्द्रमा ढँक लेता है) के अलावा एक और किस्म का सूर्यग्रहण वलयाकार होता है। इसमें चन्द्रमा सूर्य को पूरा नहीं ढँकता बल्कि पूरे किनारे पर एक चमकीला छल्ला बना रहता है जबकि बीच में एक गहरा अँधेरा वृत्त मौजूद रहता है। सूर्यग्रहण चाहे जितने मोहक क्यों न हों, सूरज को सीधे निहारना आँखों के लिए घातक हो सकता है। तो जब मैं सूर्यग्रहण का अवलोकन करने की बात करती हूँ तो यह कदापि न समझना कि मैं आपको सूरज को

सीधे देखने के लिए कह रही हूँ (जो आपको कभी नहीं करना है)।[1]

हर अमावस्या को सूर्यग्रहण और हर पूर्णिमा की रात चन्द्रग्रहण क्यों नहीं दिखता?

जब कभी भी ये तीनों (सूर्य, चन्द्रमा और पृथ्वी) एक सीधी रेखा पर होते हैं, तब चन्द्रमा या पृथ्वी की छाया दूसरे पर पड़नी चाहिए। अमावस्या के दिन चन्द्रमा सूर्य और पृथ्वी के बीच होता है और हमें सूर्यग्रहण दिखना चाहिए। इसी प्रकार से पूर्णिमा की रात पृथ्वी सूर्य और चन्द्रमा के बीच होती है और चन्द्रग्रहण नज़र आना चाहिए। तो फिर ये घटनाएँ इतनी दुर्लभ क्यों हैं? चूँकि हर महीने एक सूर्यग्रहण और एक चन्द्रग्रहण नहीं होता (याद रखें कि चन्द्रमा को पृथ्वी की एक परिक्रमा करने में लगभग एक महीना लगता है), तो इससे संकेत मिलता है कि ये तीन पिण्ड हर महीने एक सीध में नहीं होते। ऐसा क्यों होता होगा? इसकी सबसे सरल व्याख्या यह है कि पृथ्वी के चारों तरफ चन्द्रमा का परिक्रमा पथ और सूर्य के इर्द-गिर्द पृथ्वी की कक्षा एक ही तल में नहीं हैं। यही निष्कर्ष इस आधार पर भी निकाला जा सकता है कि चाँद हर दिन अलग-अलग बिन्दु से उदय होता है। और यदि हम अर्ध-चन्द्र (crescent moon) को क्षितिज के नज़दीक देखें और उसके नुकीले सिरों के बीच एक काल्पनिक रेखा खींचें, तो यह रेखा ज़्यादातर दिनों में क्षितिज के समान्तर नहीं होगी। विजय वर्मा ने *संदर्भ* में अपने लेख – चन्द्रमा की कलाएँ (*संदर्भ* अंक-26) – में इस बात को संक्षेप में समझाया है कि पृथ्वी के अलग-अलग स्थानों से देखने पर चन्द्रमा कैसा दिखाई देगा।

गतिविधि 1: इस गतिविधि के लिए आपको एक टॉर्च, एक ग्लोब और एक गेंद की ज़रूरत होगी (गेंद की साइज़ ग्लोब से आधी हो तो बेहतर होगा, ग्लोब से बड़ी तो कदापि न हो)। यह गतिविधि किसी अँधेरे कमरे में सर्वोत्तम होगी। टॉर्च को कहीं जमा दीजिए ताकि उसकी रोशनी स्थिर रहे और उसे ग्लोब की ऊँचाई के बराबर रखिए। ग्लोब को टॉर्च से कुछ दूरी पर रखें ताकि टॉर्च की रोशनी ग्लोब पर पड़े। लेकिन टॉर्च और ग्लोब के बीच इतनी दूरी रहे कि आप गेंद (जो चाँद का प्रतिनिधित्व करेगी) को पृथ्वी के आसपास चक्कर लगवा

[1] *ऐसी विशेष रूप से गहरे रंग में बनाई गई फिल्में मिलती हैं जिनके माध्यम से सूर्यग्रहण के दौरान सूरज को देखा जा सकता है। लेकिन इन्हें सावधानी से सहेजकर रखना पड़ता है क्योंकि इन पर किए गए लेप पर खरोंचें पड़ सकती हैं। इसलिए इस्तेमाल करने से पहले बेहतर होगा कि किसी चमकीले प्रकाश स्रोत को इस पट्टी में से देखकर तसल्ली कर लें कि कहीं से प्रकाश की लकीरें तो नहीं दिख रही हैं। सूर्यग्रहण को देखने का एक और तरीका है कि पिन होल कैमरे की मदद ली जाए और सूर्य के प्रतिबिम्ब को पिन होल कैमरे के पर्दे पर देखा जाए।*

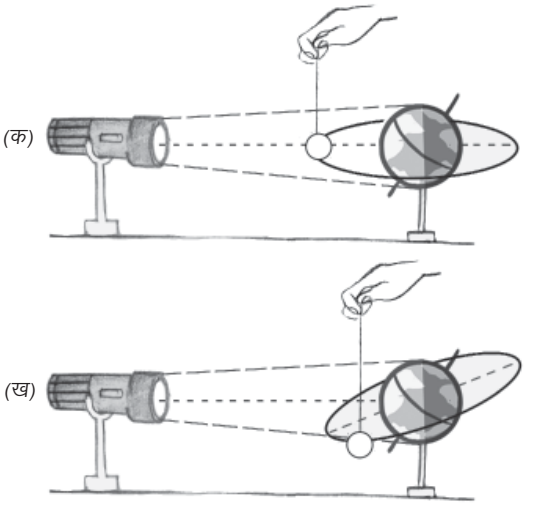
सकें। अब गेंद को ग्लोब के आसपास अलग-अलग तलों में परिक्रमा करवाइए।

पहला – एक ऐसा तल जो फर्श या जिस मेज़ पर आपने ग्लोब को रखा है, उसकी सतह के समान्तर हो। यह सुनिश्चित कीजिए कि गेंद (चन्द्रमा) और ग्लोब (पृथ्वी) इतने निकट हों कि उनकी छाया एक-दूसरे पर पड़ सके।

आप देखेंगे कि जब आप गेंद को ऐसे तल में चक्कर कटवाते हैं जो उस सतह के समान्तर हो जिस पर ग्लोब रखा गया है, तो हर बार जब गेंद टॉर्च और ग्लोब के बीच में आती है तो गेंद की परछाई ग्लोब पर दिखती है (चित्र-1 क)। आप यह भी देख सकते हैं कि यह जगह अमावस्या के दिन से मेल खाती है क्योंकि गेंद (चाँद) का प्रकाशित भाग ग्लोब (पृथ्वी) से विपरीत ओर होता है। यह वह स्थिति है जब परछाई वाले क्षेत्र में रहने वाले लोग सूर्यग्रहण देख पाएँगे।

इसी प्रकार से, जब ग्लोब (पृथ्वी) टॉर्च और गेंद के बीच होता है, तो ग्लोब की परछाई गेंद पर पड़ती है। यह वह स्थिति है जब चन्द्रग्रहण देखा जा सकेगा।

दूसरा – गेंद को एक ऐसे तल में घुमाइए जो उस सतह के सापेक्ष झुका हुआ हो जिस पर ग्लोब रखा है (चित्र-1 ख)। इस मामले में, आप शायद अधिक तल नहीं ढूँढ पाएँगे जहाँ 'ग्रहण' होंगे। इस तल का कोण न सिर्फ ग्लोब के सापेक्ष बल्कि कमरे की एक-दो अन्य वस्तुओं के सापेक्ष भी नोट कीजिए। अगली गतिविधि में आपको इसकी ज़रूरत पड़ेगी।

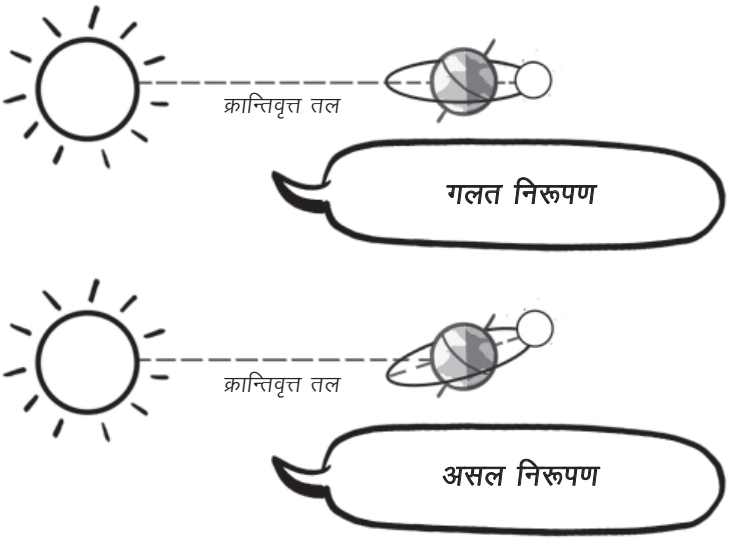


चित्र-1: *जब पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की कक्षा का तल क्रान्तिवृत्त (ecliptic) के तल के समान हो, तो हमें पृथ्वी पर किसी-न-किसी स्थान से हर महीने सूर्य और चन्द्र ग्रहण देखने में सक्षम होना चाहिए। लेकिन चूँकि चन्द्रमा की कक्षा वास्तव में क्रान्तिवृत्त से लगभग 5 डिग्री झुकी हुई है, इसलिए ग्रहण दुर्लभ हैं।*

आप देख सकेंगे कि इन सब तलों के लिए भी हर 'अमावस्या' के दिन सूर्यग्रहण होगा और हर 'पूर्णिमा' की रात चन्द्रग्रहण होगा। अर्थात् ऐसा लगता है कि इस मामले में आपको वास्तविकता की तुलना में कहीं अधिक ग्रहण दिखाई देंगे। तो हो क्या रहा होगा?

जिस तल में चन्द्रमा पृथ्वी की परिक्रमा करता है, वह पृथ्वी की परिक्रमा कक्षा (ecliptic) के तल के सापेक्ष 5 डिग्री से अधिक झुका हुआ है (चित्र-2)। जब पृथ्वी सूर्य के आसपास चक्कर लगाती है तो चन्द्रमा के इस झुके हुए तल को क्या होता है? क्या यह तल सूर्य का चक्कर काटते हुए अपने झुकाव की दिशा बदलता है? याद रहे, आपका अन्दाज़ा जो भी हो, आपको उसे अवलोकनों के आधार पर जाँचना होगा। और इस सन्दर्भ में प्रासंगिक अवलोकन क्या हैं? यह कि ग्रहण वास्तव में काफी दुर्लभ घटनाएँ हैं।

गतिविधि 2: न सिर्फ चन्द्रमा पृथ्वी के चक्कर काटता है, बल्कि पृथ्वी भी सूर्य की परिक्रमा करती है। आइए, अपने टॉर्च-ग्लोब-गेंद के मॉडल से इस स्थिति को पुनर्निमित करने की कोशिश करते हैं। पिछली गतिविधि में

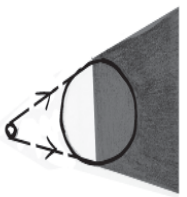


चित्र-2: *चूँकि पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की कक्षा क्रान्तिवृत्त के समान तल में नहीं है, इसलिए सूर्य, चन्द्रमा और पृथ्वी कभी-कभी ही एक सीधी रेखा में होते हैं तब ग्रहण सम्भव होता है।*

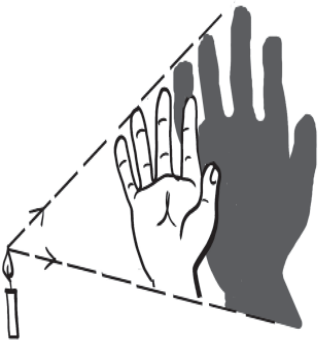
विभिन्न प्रकाश स्रोतों द्वारा निर्मित परछाइयाँ

क) प्रकाश का बिन्दु स्रोत – यदि हमारे पास प्रकाश का एक बिन्दु स्रोत हो – यानी एक ऐसा स्रोत है जिसमें प्रकाश एक बिन्दु से चारों ओर फैलता है – तो ये किरणें एक-दूसरे से दूर जाएँगी और इन प्रकाश किरणों के मार्ग में आने वाली किसी भी वस्तु की परछाई का आकार इस बात पर निर्भर करेगा कि वह वस्तु प्रकाश स्रोत के कितनी नज़दीक है। ऐसा तब भी दिखेगा जब प्रकाश स्रोत सटीक रूप से एक बिन्दु न हो लेकिन प्रकाश की किरणें स्रोत से निकलने के बाद एक-दूसरे से दूर जा रही हों।

उदाहरण के लिए, यदि हम एक मोमबत्ती जलाएँ और दीवार पर अपनी हथेली की परछाई को देखें, तो साफ दिखेगा कि हथेली को मोमबत्ती के निकट लाने पर परछाई बड़ी होती जाती है (चित्र-3)।



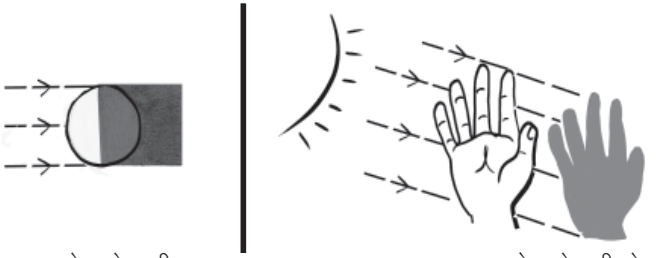
प्रकाश का बिन्दु स्रोत



छाया का आकार प्रकाश स्रोत से दूरी के साथ बदलता रहता है

चित्र-3: *जब प्रकाश किरणें स्रोत से फैलती हैं, तो इन किरणों के मार्ग में किसी वस्तु द्वारा बनी छाया का आकार इस बात पर निर्भर करता है कि वह प्रकाश के स्रोत के कितना करीब है (या वस्तु स्क्रीन से कितनी दूर है)।*

ख) प्रकाश की समान्तर किरणें – कल्पना कीजिए कि हम यही प्रयोग सूर्य को प्रकाश स्रोत लेकर करते हैं; इस मामले में हथेली को पर्दे से दूर या पास लाने पर (दूसरे शब्दों में, हथेली को सूर्य से पास या दूर करने पर) परछाई के आकार में कोई परिवर्तन नहीं दिखेगा। इसीलिए हम यह कथन प्रायः सुनते हैं कि सूर्य से आने वाली प्रकाश किरणें समान्तर होती हैं। इस लेख में हम इस कथन की सीमाएँ देखेंगे। (चित्र-4)

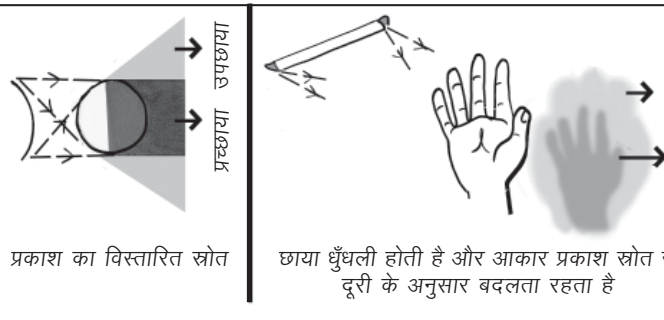


बहुत दूर से आने वाली प्रकाश की समानान्तर किरणें

छाया का आकार प्रकाश स्रोत से दूरी के साथ बदल नहीं रहा है

चित्र-4: *जब प्रकाश किरणें एक-दूसरे के समानान्तर होती हैं, तो छाया का आकार प्रकाश स्रोत से वस्तु की दूरी, या स्क्रीन और वस्तु के बीच की दूरी पर निर्भर नहीं करता है।*

ग) प्रकाश का विस्तारित स्रोत – यथार्थ में प्रकाश का बिन्दु स्रोत हासिल करना मुश्किल है। हमें उपलब्ध अधिकांश स्रोत थोड़े अलग होते हैं। उदाहरण के लिए ट्यूबलाइट को लीजिए। यदि हम दीवार पर बनने वाली हथेली की परछाई को देखें, तो उसके किनारे थोड़े धुँधले-से होते हैं, और हमारा हाथ दीवार से जितना अधिक दूर होता है, किनारे उतने ही धुँधले होते जाते हैं (चित्र-5)। ऐसी परछाई



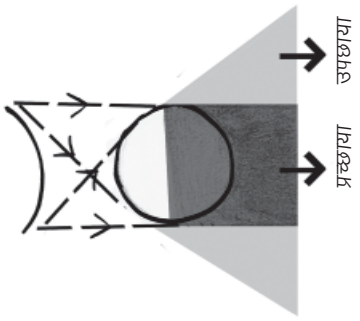
प्रकाश का विस्तारित स्रोत

छाया धुँधली होती है और आकार प्रकाश स्रोत से दूरी के अनुसार बदलता रहता है

चित्र-5: *जब प्रकाश का एक विस्तारित स्रोत होता है, तो छाया की रूपरेखा धुँधली हो जाती है क्योंकि किनारों पर प्रकाश स्रोत के कुछ हिस्से से प्रकाश वस्तु द्वारा अवरुद्ध हो रहा है। इससे हमें छाया में दो भाग मिलते हैं, एक गहरा केन्द्रीय क्षेत्र जिसे प्रच्छाया कहा जाता है और एक कम गहरा बाहरी क्षेत्र जिसे उपछाया कहा जाता है। उनका सापेक्ष अनुपात इस बात पर निर्भर करेगा कि प्रकाश स्रोत कितना बड़ा है।*

के घने भाग को प्रच्छाया (umbra) तथा हल्के वाले भाग को उपछाया (penumbra) कहते हैं। दरअसल, हो यह रहा है कि प्रकाश स्रोत के किसी भी हिस्से का प्रकाश प्रच्छाया नामक हिस्से पर नहीं पड़ रहा है जबकि उपछाया आंशिक रूप से

प्रकाशित है – स्रोत के कुछ हिस्सों से आने वाला प्रकाश यहाँ पहुँच रहा है, लेकिन अन्य हिस्सों का नहीं (चित्र-6)।



चित्र-6: *प्रकाश के एक विस्तारित स्रोत द्वारा प्रच्छाया और उपछाया का निर्माण - जब प्रकाश स्रोत के कुछ हिस्सों से प्रकाश किरणें वस्तु द्वारा अवरुद्ध हो जाती हैं, तो उस क्षेत्र की तुलना में कम घनी छाया (penumbra) बनती है, जहाँ पूरे प्रकाश को वस्तु द्वारा अवरुद्ध कर दिया गया हो (umbra)।*

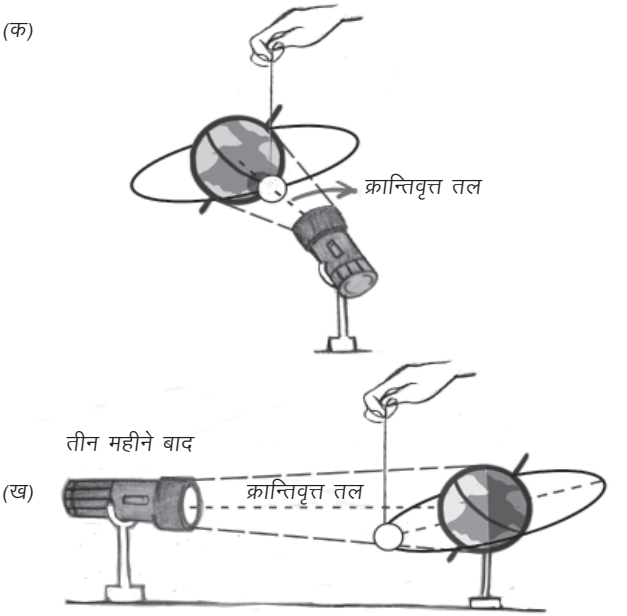
ग्रहण के क्रम की व्याख्या करते हुए हमें सूर्य को प्रकाश का एक विस्तारित स्रोत मानना होगा और हम देख पाएँगे कि पूर्ण व आंशिक ग्रहण के दौरान प्रच्छाया और उपछाया किस तरह प्रकट होते हैं।

(प्रकाशिकी की विभिन्न अवधारणों की विस्तृत चर्चा के लिए *एकलव्य* द्वारा प्रकाशित 'प्रकाश' मॉड्यूल देखिए।)

यह देखा गया था कि चन्द्रमा की कक्षा का कौन-सा तल हमें सूर्यग्रहण व चन्द्रग्रहण, दोनों दे देता है। अब ग्लोब को चलाइए ताकि वह टॉर्च के चारों तरफ अपनी काल्पनिक कक्षा में तीन माह बाद की स्थिति में आ जाए। आपको टॉर्च को घुमाना पड़ेगा ताकि उसका प्रकाश ग्लोब पर पड़ता रहे। अब 'चन्द्रमा' को चलाकर उपयुक्त स्थिति में लाइए और उसे ग्लोब की परिक्रमा एक ऐसे तल में करवाइए जिसका कोण पहले जितना ही हो (चित्र-7)।

क्या आपको अभी भी 'अमावस्या' की स्थिति में गेंद की परछाई ग्लोब पर पड़ती दिखती है और 'पूर्णिमा' की स्थिति में ग्लोब की परछाई गेंद पर पड़ती दिखती है? आप पाएँगे कि ऐसा होने के लिए आपको गेंद की कक्षा का तल बदलना होगा।

अर्थात्, यदि पृथ्वी-चन्द्रमा तंत्र द्वारा सूर्य की परिक्रमा करते हुए



चित्र-7 (क): *अगर हम एक गेंद को ग्लोब के चारों तरफ ऐसे घुमाते हैं कि उसके कक्ष का तल समतल से कुछ झुका होता है, तो हम देख पाते हैं कि हर बार गेंद टॉर्च की रोशनी को रोककर ग्रहण की स्थिति नहीं बनाती। जिस भी स्थिति में गेंद की परछाई ग्लोब पर पड़ती है, हमें वो तल नोट कर लेना चाहिए।*

(ख): *ऊपर निश्चित किए गए तल को बरकरार रखते हुए अगर हम टॉर्च को घुमाते हैं और ऐसी स्थिति दर्शाने की कोशिश करते हैं जिसमें तीन महीने बाद पृथ्वी की कक्षा की स्थिति को इंगित किया जाए, तो हम देख सकते हैं कि पूर्णिमा और अमावस्या के दिनों में, सूर्य (टॉर्च) और पृथ्वी (ग्लोब) हमेशा क्रान्तिवृत्त के ऊपर या नीचे जाते चन्द्रमा के साथ एक सीधी रेखा में नहीं होंगे।*

चन्द्रमा का तल डगमगाता रहता, तो हमें वास्तविकता से कहीं ज़्यादा ग्रहण देखने को मिल सकते थे। इस शृंखला के चौथे लेख में, जहाँ हम सूर्य की परिक्रमा करती हुई पृथ्वी के अक्ष के झुके होने की बात कर रहे थे, मैंने ज़िक्र किया था कि कोणीय संवेग का संरक्षण सूर्य की परिक्रमा करती पृथ्वी के अक्ष की दिशा में परिवर्तन का विरोध करता है। इसी प्रकार से, वही सिद्धान्त पृथ्वी-चन्द्रमा तंत्र द्वारा सूर्य की परिक्रमा के दौरान चन्द्रमा के कक्ष के तल के झुकाव को भी स्थिर रखता है।

ग्रहण के दौरान प्रच्छाया और उपछाया

चन्द्र व सूर्यग्रहण, दोनों के दौरान आसान-से अवलोकन पृथ्वी और

चन्द्रमा, दोनों की प्रच्छाया और उपछाया की उपस्थिति दर्शाते हैं। दोनों मामलों में दिखने वाले प्रभाव थोड़े अलग-अलग होते हैं। सूर्यग्रहण के समय हम चन्द्रमा की परछाई में होते हैं, जबकि चन्द्रग्रहण के समय हम पृथ्वी की परछाई को चन्द्रमा की सतह पर चलते देखते हैं।

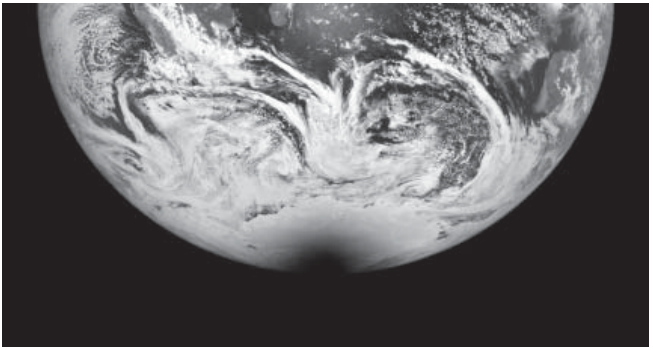
चन्द्रग्रहण के दौरान पहले चन्द्रमा पृथ्वी की परछाई के उपछाया वाले भाग से गुज़रता है और फिर प्रच्छाया में प्रवेश करता है। उपछाया में, चूँकि सूर्य से आने वाला कुछ प्रकाश चन्द्रमा पर पड़ रहा है, परछाई उतनी सघन नहीं होती है और लगता है कि चाँद की सतह पर लाल-सा रंग गुज़र रहा है। अलबत्ता, जब चन्द्रमा प्रच्छाया में प्रवेश कर जाता है, तब उस पर सूर्य का कोई प्रकाश नहीं पहुँचता और वह पूरी तरह अन्धकार में होता है। इसके बाद चन्द्रमा एक बार फिर दूसरी ओर स्थित उपछाया वाले भाग से गुज़रता है एवं इसलिए लालिमा लिए दिखता है, और उसके बाद एक बार फिर पूर्णिमा का आलीशान चाँद नज़र आने लगता है।

सूर्यग्रहण के दौरान हम देखते हैं कि सूर्य की सतह पर एक काला चाप गुज़रता है और धीरे-धीरे उसे पूरा ढँक लेता है। पूर्ण सूर्यग्रहण चन्द मिनटों के लिए ही रहता है, और फिर से हम काले चाप को सूर्य की सतह से हटते हुए देखते हैं। अर्थात्, पूर्णता के समय हम चन्द्रमा की परछाई के प्रच्छाया वाले भाग में होते हैं। जब हम सूर्य का कुछ हिस्सा देख सकते हैं तब हम चन्द्रमा की परछाई की उपछाया में होते हैं जहाँ सूर्य के कुछ हिस्से का प्रकाश हम तक पहुँचता है जबकि शेष प्रकाश को चन्द्रमा रास्ते में आकर रोक लेता है।

लेकिन यदि हम इसी घटना का उपग्रह चित्र देखें तो नज़र आएगा कि ग्रहण के दौरान पृथ्वी का कुछ

प्रकाश के स्रोत के रूप में सूर्य

हम सूर्य या अन्य किसी प्रकाश के स्रोत को समान्तर किरणों का स्रोत मानें, एक बिन्दु स्रोत मानें या उसे एक विस्तारित स्रोत मानें – यह इस बात पर निर्भर करता है कि हम किस पैमाने की परिघटना को समझने की कोशिश कर रहे हैं। पृथ्वी की सतह पर, जब हम सूरज की रोशनी में छोटी-छोटी वस्तुओं की परछाइयाँ देख रहे हों, तब किरणें विचलित होकर समान्तर से बहुत दूर नहीं जातीं और इस विचलन को नगण्य माना जा सकता है। यानी किरणें एक-दूसरे से दूर तो जाती हैं लेकिन माना जा सकता है कि लगभग समान्तर ही बनी रहती हैं। अलबत्ता, जब हम पृथ्वी या चाँद की परछाइयों की बात करते हैं, तो सूर्य को प्रकाश का एक विस्तारित स्रोत मानना ज़रूरी हो जाता है जिससे निकलने वाली प्रकाश किरणें समान्तर नहीं हैं।



चित्र-8: *सूर्यग्रहण की सैटेलाइट तस्वीर जिसमें चन्द्रमा की प्रच्छाया और उपछाया को देखा जा सकता है। प्रच्छाया के नीचे का क्षेत्र पूर्ण सूर्यग्रहण का अनुभव करेगा, जबकि उपछाया क्षेत्र में लोग आंशिक सूर्यग्रहण देखेंगे।*

हिस्सा चाँद की परछाई से ढँका है और यह परछाई किनारों पर थोड़ी हल्की है (चित्र-8)। दरअसल, उपग्रह से ली गई तस्वीर हमें सूर्यग्रहण के दौरान पृथ्वी को ठीक उसी तरह देखने की गुंजाइश देती है जिस तरह हम ग्रहण के दौरान चन्द्रमा को देखते हैं।

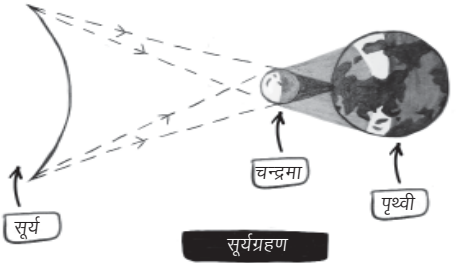
परछाई के गहरे काले हिस्से में खड़े लोग पूर्ण सूर्यग्रहण का आनन्द उठाएँगे।

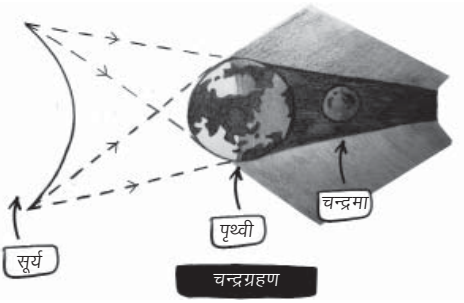
आप सोच रहे होंगे कि ऐसा क्यों होता है कि सूर्यग्रहण पृथ्वी के कुछ भागों से ही दिखाई देता है। जैसा कि चित्र में दिख रहा है, चन्द्रमा की परछाई पृथ्वी के एक छोटे हिस्से पर ही पड़ रही है जबकि चन्द्रग्रहण के दौरान पूरा-का-पूरा चाँद ही पृथ्वी की परछाई में आ जाता है। ध्यान रखें, पृथ्वी की तुलना में चन्द्रमा बहुत छोटा है (चित्र-9)।

पूर्ण व वलयाकार सूर्यग्रहण कैसे बनते हैं?

ज़रा पिछले लेख पर लौटिए जहाँ हमने सूर्य के इर्द-गिर्द पृथ्वी की कक्षा की दीर्घवृत्ताकार प्रकृति की चर्चा की थी। इसका मतलब है कि पृथ्वी सालभर सूर्य से एक-जैसी दूरी पर नहीं रहती। कभी-कभी वह अन्य दिनों के मुकाबले सूर्य के अधिक नज़दीक रहती है (जनवरी में)। और सूर्य व पृथ्वी की दूरी में यह भिन्नता लगभग 3 प्रतिशत की है। देखा जाए, तो दूरी में इस अन्तर का पृथ्वी पर पहुँचने वाले सौर विकिरण की मात्रा पर कोई खास अन्तर नहीं पड़ता। और, सालभर में सूर्य की प्रेक्षित साइज़ में कोई अन्तर नहीं दिखता।

लेकिन पृथ्वी के आसपास चन्द्रमा की दीर्घवृत्ताकार कक्षा की वजह से चन्द्रमा के आकार पर स्पष्ट असर





चित्र-9: *चूँकि चन्द्रमा पृथ्वी से बहुत छोटा है, इसलिए इसकी छाया भी छोटी होती है। इसलिए सूर्यग्रहण एक छोटे इलाके में एवं अल्पकालिक होते हैं। इसके विपरीत, चन्द्रमा को पृथ्वी की बहुत बड़ी छाया से गुज़रने में अधिक समय लगता है और इसलिए चन्द्रग्रहण घण्टों तक चलता है।*

देखा जा सकता है।[2] इस बात को खास तौर से पूर्णिमा के दिन देखा जा सकता है – किसी-किसी पूर्णिमा के दिन चाँद अपेक्षाकृत बड़ा दिखता है और उसे 'सुपरमून' कहते हैं। चाँद के आभासी आकार में इस अन्तर का असर ग्रहणों पर भी पड़ता है। यदि सूर्यग्रहण उस दिन हो जब चन्द्रमा पृथ्वी के नज़दीक है, तो उस दिन चन्द्रमा का आभासी आकार इतना बड़ा होता है कि वह सूर्य की तश्तरी को पूरा ढँक लेता है और परिणाम होता है पूर्ण (खग्रास) सूर्यग्रहण। लेकिन यदि चन्द्रमा अधिक दूरी पर है तो वह अपेक्षाकृत छोटा दिखेगा। और चाँद की परछाई का प्रच्छाया वाला हिस्सा पृथ्वी तक फैलता नहीं है और यहाँ से देखने पर चन्द्रमा पूरे सूर्य को नहीं ढँक पाएगा। और ऐसी स्थिति में जब वह ठीक केन्द्र में होगा तो सूर्य की एक पतली-सी परिधि उसके अँधेरे भाग के आसपास नज़र आएगी और हमें चमकती रिंग जैसा वलयाकार सूर्यग्रहण दिखाई देगा।

चूँकि पूर्ण सूर्यग्रहण के समय चन्द्रमा सूर्य से आने वाले समस्त प्रकाश को रोक देता है, तो काफी अँधेरा हो जाता है (रात के घुप अँधेरे जैसा तो नहीं और क्षितिज तो उज्जवल रहता है)। मुझे याद है कि 2009 के पूर्ण सूर्यग्रहण के समय पक्षियों ने क्या कोलाहल मचाया था।

[2] *पृथ्वी और चाँद के बीच की दूरी में भिन्नता लगभग 11 प्रतिशत रहती है।*

यह सूर्यग्रहण सुबह-सुबह हुआ था। बेचारे पक्षी अभी-अभी तो जागे थे और फिर अचानक अँधेरा छाने लगा था। उन्हें ज़रूर अचम्भा हुआ होगा कि दिन को क्या हुआ। वे शायद इस बात पर रोष जता रहे होंगे कि अभी तो उन्हें ठीक-ठाक भोजन भी नसीब नहीं हुआ था!

वलयाकार सूर्यग्रहण के दौरान भी, दिन का उजाला काफी मद्धिम हो जाता है, हालाँकि अँधेरा तो नहीं होता। जो बात स्पष्ट होती है, वह है दिन-दहाड़े तापमान में अचानक गिरावट महसूस होना; कन्याकुमारी में जनवरी 2010 में हुए वलयाकार सूर्यग्रहण के समय ऐसा ही हुआ था।

मनुष्यों को यथासम्भव अधिक-से-अधिक खग्रास सूर्यग्रहणों का लुत्फ उठाना चाहिए - जल्दी ही हमें सिर्फ वलयाकार सूर्य ग्रहण ही नज़र आएँगे क्योंकि चन्द्रमा धीरे-धीरे हमसे दूर जा रहा है। यकीनन, यहाँ 'जल्दी' का मतलब ब्रह्माण्डीय पैमाने पर है। ऐसा अनुमान है कि अन्तिम पूर्ण सूर्यग्रहण आज से करीब 65 करोड़ वर्ष बाद होगा। तुलना के लिए देखें कि बहुकोशिकीय जीवों को विकसित होकर मनुष्य का रूप लेने में भी लगभग इतना ही समय लगा था। तो हो सकता है कि पूर्ण सूर्यग्रहण पर पूर्ण विराम लगने के समय आँसू बहाने के लिए कोई इन्सान हो ही नहीं।

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।

आभार: मेरी स्कूली शिक्षा हर किसी के समान ही रही है। सौर मण्डल के बारे में मैं जो कुछ भी जानती हूँ, लगभग वह सब कुछ मैंने *एकलव्य* में शामिल होने और प्रोफेसर विजय एस. वर्मा, कमल महेंद्रू और दिवंगत विनोद रायना द्वारा आयोजित सत्रों में भाग लेने के बाद सीखा है। इसके अलावा, विभिन्न सत्रों की योजना के दौरान अमिताभ मुखर्जी, अरविंद सरदाना, सी.एन. सुब्रमण्यम, भास बापट, हिमांशु श्रीवास्तव और अनीश मोकाशी के साथ चर्चा से मेरे दिमाग में कई मुद्दों पर स्पष्टता आई है। आकाश को दूरबीन के माध्यम से देखने की खुशी से परिचित कराने के लिए मेरे दिवंगत मित्र विवेक को और विभिन्न आकाश-अवलोकन मोबाइल ऐप से परिचित कराने के लिए संकेत और दिवाकर को विशेष धन्यवाद। मेरी टीम के सदस्यों और विभिन्न कार्यशालाओं के प्रतिभागियों के प्रश्नों से भी भ्रामक बिन्दुओं को पहचानने में मदद मिली और मैंने अपनी सर्वोत्तम क्षमता से इनका समाधान करने का प्रयास किया है। अभी भी बहुत कुछ है जिसे मुझे समझने की ज़रूरत है, और जब मैं ऐसा करूँगी तो हो सकता है कि आपको इस विषय पर मेरे द्वारा लिखे गए कुछ और अधिक लेख पढ़ने को मिलें!