

आकाशीय पिण्डों की गति की व्याख्या

हम क्यों कहते हैं कि चन्द्रमा पृथ्वी के आसपास घूमता है?

उमा सुधीर

इन लेखों की शृंखला की पिछली किश्त में, मैंने यह चर्चा की थी कि हम गोलाकार धरती तक कैसे पहुँच सकते हैं, और कैसे पृथ्वी का अपनी धुरी पर घूर्णन, सूर्य और तारों की आभासी दैनिक गति की व्याख्या कर सकता है। ग्रहों की गति ज़्यादा पेचीदा है और इसे तभी देखा जा सकता है जब कई सप्ताह या महीनों तक अवलोकन किए जाएँ। अलबत्ता, मात्र 2-3 दिनों तक किसी निर्धारित समय पर चन्द्रमा की स्थिति को नोट करें तो सूर्य और चन्द्रमा की आभासी गतियों में अन्तर को देखा जा सकता है। जब हम सूर्य की लगभग नियमित गति को देखते हैं, तो चन्द्रमा की गति थोड़ी गड़बड़ दिखती है। चन्द्रमा रोज़ाना थोड़ा अलग भी दिखता है - एक पखवाड़े में वह अदृश्य (अमावस्या) से लेकर पूरा गोला (पूर्णिमा) तक नज़र आता है। इस लेख में हम देखेंगे कि क्यों हमें चन्द्रमा को पृथ्वी के आसपास घुमाना पड़ता है और सूर्य के प्रकाश का क्या असर पड़ता है। बेहतर होगा कि हम वास्तविक अवलोकनों से शुरू करें और फिर यह कयास लगाने की कोशिश करें कि ये अवलोकन हमें

चन्द्रमा की गति के बारे में क्या बताते हैं।

गतिविधि 1: हालाँकि (अमावस्या के अलावा) चन्द्रमा को दिन या रात के किसी समय पर देखा जा सकता है, लेकिन ये अवलोकन अमावस्या या पूर्णिमा के कुछ दिन पहले या बाद में करना अच्छा होता है। ये तारीखें हमें किसी भी कैलेंडर या पंचांग से मिल जाएँगी। अवलोकन तीन-चार दिन तक किए जा सकते हैं (आगे की चर्चा के लिहाज़ से कम-से-कम दो दिन के अवलोकन ज़रूरी होंगे, लेकिन ज़्यादा दिनों के अवलोकन करने से आप अपने निष्कर्षों को लेकर ज़्यादा आश्वस्त हो सकेंगे)। अवलोकन के दौरान निम्नलिखित बातों को नोट करें (हर दिन चन्द्रमा के आकार को भी नोट कर सकते हैं, इसका उपयोग आगे चन्द्रमा की कलाओं की चर्चा में होगा):

पूर्णिमा से पहले

- क्या सूर्य के अस्त होने के फौरन बाद चन्द्रमा आकाश में दिखता है?
- क्या चन्द्रमा पूर्वी आकाश में दिख रहा है या पश्चिमी आकाश में?
- चन्द्रमा क्षितिज से कितना ऊपर

है? (एक मोटा-मोटा अनुमान लगाया जा सकता है।)

- अवलोकन के दिनों में यह कैसे बदलता है? पूर्णिमा के पहले के दिनों में चन्द्रमा क्षितिज से अधिक ऊपर है या कम?
- उपरोक्त अवलोकनों के आधार पर आप हर दिन चन्द्रोदय के समय के बारे में क्या कह सकते हैं?

पूर्णिमा के बाद

- क्या सूर्य अस्त होने के फौरन बाद चन्द्रमा आकाश में दिख रहा है? सूर्यास्त के कितने समय बाद यह दिखने लगता है? (यदि आप जहाँ से अवलोकन कर रहे हैं, वहाँ से क्षितिज न दिख रहा हो, तो आप मात्र यह रिपोर्ट कर सकते हैं कि हर दिन चन्द्रमा क्षितिज से कितना ऊपर दिखता है।)
- अवलोकन के दिनों में इसमें क्या परिवर्तन होता है? क्या हर दिन (रात) चन्द्रमा पिछले दिन से पहले उगता है या बाद में?

अमावस्या के बाद

- क्या सूर्य अस्त होने के फौरन बाद चन्द्रमा आकाश में दिख रहा है?
- क्या वह पूर्वी आकाश में है या पश्चिमी आकाश में?
- क्षितिज से कितना ऊपर है?
- अपने अवलोकनों के आधार पर आप प्रतिदिन चन्द्रोदय के समय

के बारे में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

अमावस्या से पहले

यदि आप चन्द्रमा का अवलोकन अमावस्या से पहले कर रहे हैं, तो आपको चन्द्रमा को अल्सुबह खोजना होगा। सम्भव हो तो सूर्योदय से कम-से-कम आधा घण्टा पहले।

- क्या चन्द्रमा सूर्योदय से पहले आकाश में नज़र आता है?
- वह पूर्वी आकाश में है या पश्चिमी में?
- क्षितिज से कितना ऊपर है?
- अपने अवलोकनों के आधार पर आप हर दिन चन्द्रोदय के समय के बारे में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

मात्र दो दिनों तक चन्द्रमा को एक ही समय पर देखना (यह समय इस बात पर निर्भर करेगा कि आप चन्द्रमा को पूर्णिमा या अमावस्या के पहले या बाद में देख रहे हैं) यह समझने के लिए पर्याप्त है कि मात्र पृथ्वी के अपनी धुरी पर घूर्णन के आधार पर प्रतिदिन चन्द्रमा की आभासी गति की व्याख्या नहीं की जा सकती। सूर्य के मामले में तो जब पृथ्वी एक घूर्णन पूरा करके अपनी प्रारम्भिक स्थिति में लौट आती है तो सूर्य भी आकाश में उसी बिन्दु पर आ जाता है।¹ लेकिन चन्द्रमा? जब भी हम लगातार दो दिनों तक एक ही समय पर चन्द्रमा

¹ एकदम उसी बिन्दु पर तो नहीं आता, लेकिन उसकी चर्चा बाद में।

को खोजने की कोशिश करते हैं, तो पता चलता है कि वह उस जगह नहीं है जहाँ पिछले दिन था (और-तो-और उसकी आकृति भी अलग होती है, जिसकी बात हम इस लेख में आगे करेंगे)। अलबत्ता, हम देखते हैं कि एक महीने से थोड़े कम समय में चन्द्रमा उसी स्थिति पर आ जाता है और उसकी आकृति भी पहले जैसी हो जाती है। इससे हमें क्या पता चलता है कि चन्द्रमा कैसे गति कर रहा होगा?

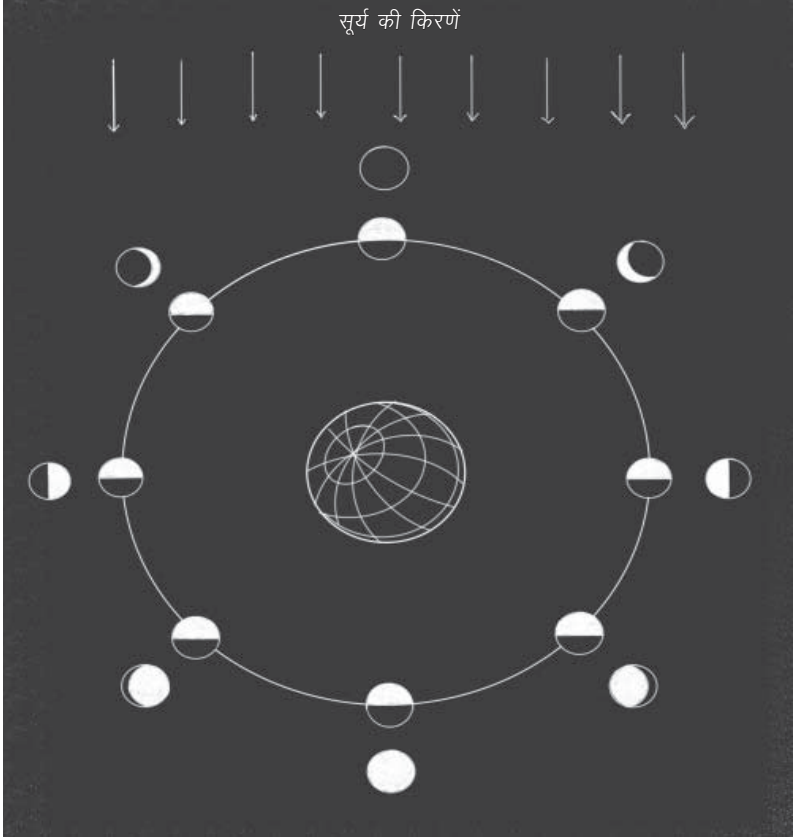
हमने आकाशीय पिण्डों की आभासी गति की व्याख्या पृथ्वी के अपनी धुरी पर घूर्णन के आधार पर की थी। पहली समस्या, यदि चन्द्रमा 24 घण्टे बाद आकाश में उसी जगह पर नहीं दिखता है, तो इसकी व्याख्या के लिए पृथ्वी के अपनी धुरी पर घूर्णन के अलावा किसी अन्य चीज़ का सहारा लेना पड़ेगा। और चूँकि चन्द्रमा उस बिन्दु पर वापिस लौटता दिखता है जहाँ वह लगभग एक माह पहले था, तो चन्द्रमा पृथ्वी की एक परिक्रमा इतने समय में करता है। लेकिन चन्द्रमा यह परिक्रमा किस दिशा में कर रहा है? हमने दिन-ब-दिन आकाश में चन्द्रमा की स्थिति के बारे में जो आँकड़े इकट्ठे किए हैं, उनके आधार पर इस सवाल का जवाब पता करने में मज़ा आएगा।

गतिविधि 2: एक छोटी गेंद लीजिए,

यह चन्द्रमा का प्रतिनिधित्व करेगी। एक ग्लोब भी ले लीजिए। कमरे में किसी भी बिन्दु को सूर्य माना जा सकता है, या एक टॉर्च का उपयोग भी कर सकते हैं। गतिविधि-1 में इकट्ठे किए आँकड़ों के किसी भी सेट का उपयोग करके एक-एक दिन चन्द्रमा की स्थिति का आकलन कीजिए। उदाहरण के लिए, यदि पृथ्वी, चन्द्रमा और सूर्य एक सीधी रेखा पर हैं और चन्द्रमा बीच में है, तो आप पृथ्वी से चन्द्रमा का वह हिस्सा नहीं देख पाएँगे जो सूर्य के प्रकाश से आलोकित है।

अमावस्या के दिन यही होता है। आपने नोट किया होगा कि अमावस्या के अगले दिन क्रिसेंट (लकीर जैसा चन्द्रमा) पश्चिमी आकाश में सूर्यास्त के बाद दिखता है और वह भी एकाध घण्टे में अस्त हो जाता है। इसका मतलब यह हुआ कि चन्द्रास्त तभी होता है जब पृथ्वी 24 घण्टे से ज्यादा समय तक घूर्णन कर चुकी होती है। अर्थात्, यदि चन्द्रमा की स्थिति न बदली होती, तो वह हर दिन उसी समय पर अस्त हुआ होता। चूँकि चन्द्रमा थोड़ी देर बाद अस्त होता है, तो इसका मतलब है कि जब पृथ्वी 24 घण्टे बाद अपनी मूल स्थिति में पहुँचती है, तो चन्द्रमा आकाश में बना रहता है और तब अस्त होता है जब पृथ्वी थोड़ा और घूम चुकी होती

² चन्द्रमा इसके लिए 29.5 दिन का समय लेता है, हम इसे एक महीना मान लेते हैं ताकि गणनाएँ आसान रहें।



चित्र-1: चन्द्रमा की कलाएँ

पृथ्वी के आसपास चन्द्रमा की कक्षा की दिशा

जैसा कि पिछले लेख में किया था, यहाँ भी हम पृथ्वी के आसपास चन्द्रमा की गति को दर्शाने के लिए क्लॉकवाइस और एंटीक्लॉकवाइस शब्दों का उपयोग करेंगे और यहाँ भी ध्यान रखने की बात यह है कि यदि हम पृथ्वी-चन्द्रमा तंत्र (निकाय) को ध्रुव तारे की ओर से देखें (एक शक्तिशाली दूरबीन की मदद से) अर्थात् हम पृथ्वी को उत्तरी ध्रुव के ऊपर किसी बिन्दु से देखें, तो चन्द्रमा की परिक्रमा की दिशा उसके विपरीत होगी जब हम इस तंत्र को दक्षिणी ध्रुव के ऊपर किसी बिन्दु से देखते हैं।

है। ऐसा होने के लिए चन्द्रमा को पृथ्वी के आसपास किस दिशा में गति करना होगी? ध्रुव तारे की ओर से देखने पर क्लॉकवाइस या एंटी-क्लॉकवाइस?

इस प्रयोग को चन्द्रमा को पृथ्वी के आसपास क्लॉकवाइस और एंटी-क्लॉकवाइस परिक्रमा करवाकर कीजिए और पता लगाइए कि दोनों मामलों में हर दिन वह पिछले दिन से पहले उदय तथा अस्त होगा या बाद में। चूँकि यह पता लगाना काफी आसान है, इसलिए मैं यहाँ उत्तर नहीं बताऊँगी, लेकिन टोलियों के लिए यह पता करना दिलचस्प होगा कि किसी एक मॉडल का इस्तेमाल करके अलग-अलग दिखने वाले

आँकड़ों की मदद से इसका खुलासा करें। लगभग ऐसे ही तरीके की मदद से यह भी अन्दाज़ा लगाया जा सकता है कि पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा किस दिशा में करती है। एक बार जब सब लोग इस बारे में सहजता से सोचने लगे कि चन्द्रमा पृथ्वी के आसपास कैसे घूमता है, तो हम महीने भर में चन्द्रमा की बदलती कलाओं को समझने की कोशिश कर सकते हैं (चित्र-1)।

गतिविधि 3: इस गतिविधि को ऐसे किसी भी समय किया जा सकता है जब चन्द्रमा और सूर्य, दोनों नज़र आ रहे हों और सूर्य पूर्वी या पश्चिमी आकाश पर नीचे की ओर हो। इसका मतलब हुआ कि यदि इस गतिविधि



चित्र-2: क्या गेंद पर बनी 'कला' चाँद की कला से मेल खाती है?

को शाम के समय करना है, तो अमावस्या के 3-6 दिन बाद का दिन ठीक रहेगा। आकाश में चन्द्रमा की स्थिति को चिन्हित कीजिए और गेंद को उठाकर उसी दिशा में रखिए ताकि सूर्य की रोशनी गेंद पर पड़े। ज़ाहिर है, गेंद का सूर्य की ओर वाला आधा हिस्सा आलोकित होगा और शेष आधा हिस्सा अँधेरे में रहेगा। लेकिन आप गेंद के आलोकित हिस्से

के सिर्फ एक अंश को ही देख पाएँगे। इस अंश की आकृति की तुलना चन्द्रमा की कला से कीजिए (चित्र-2)। इस गतिविधि को अलग-अलग दिन दोहराइए। और हर दिन गेंद के आलोकित हिस्से के दिखने वाले अंश और चन्द्रमा की कला के चित्र बनाइए।

हो सकता है कि एक के बाद एक दिनों के बीच आकृति में अन्तर साफ

प्रतिदिन चन्द्रमा कब उदय होगा?

सत्र में एक आम सवाल यह उठता है कि लोगों को करवा चौथ का व्रत तोड़ने के लिए इतना इन्तज़ार क्यों करना पड़ता है। और मैं हमेशा कहती हूँ कि इस व्रत के लिए चुना गया दिन एक साज़िश है।

खैर, एक मोटी-मोटी गणना करके बताया जा सकता है कि अमावस्या या पूर्णिमा के बाद किसी दिन चन्द्रमा कब उदय (या अस्त) होगा। चूँकि चन्द्रमा को एक पूर्णिमा से अगली पूर्णिमा तक पहुँचने में 29.5 का समय लगता है, तो हम इस अवधि को चन्द्रमा द्वारा पृथ्वी की एक परिक्रमा पूरी करने का समय मान सकते हैं। चूँकि इस परिक्रमा को वृत्ताकार माना जा सकता है, यानी यह 360 डिग्री की है तो हम कह सकते हैं कि चन्द्रमा प्रतिदिन लगभग 12 डिग्री चलता है। हम पहले गणना कर चुके हैं कि पृथ्वी एक घण्टे में 15 डिग्री घूर्णन करती है, तो इसका मतलब हुआ कि चन्द्रमा हर दिन तकरीबन 50 मिनट बाद उदय होगा। चूँकि पूर्णिमा के दिन चन्द्रमा सूर्य से विपरीत दिशा में होता है, इसलिए हम मान सकते हैं कि उस दिन चन्द्रोदय का समय और सूर्यास्त का समय एक ही होगा (थोड़ा फर्क होगा लेकिन मोटे तौर पर सही है)। अगले दिन चन्द्रमा सूर्यास्त के समय से 50 मिनट देर से उगेगा, तीसरे दिन करीब डेढ़ घण्टा देरी से वगैरह। चूँकि चन्द्रमा तब तक नज़र नहीं आता, जब तक कि वह क्षितिज से थोड़ा ऊपर न आ जाए (खास तौर से यदि आप पहाड़ियों और पेड़ों के बीच रहते हों), आप समझ ही सकते हैं कि करवा चौथ के दिन चन्द्रमा दिखने का इन्तज़ार कितना कष्टदायक होता होगा। हाल में, मैं जिस समूह के साथ काम कर रही थी, वहाँ से एक सुझाव आया था कि यह व्रत करवा दूज के दिन किया जाए, ताकि हम रोज़ के समय पर भोजन कर सकें!

न दिखे, लेकिन यह अन्तर दो दिनों का अन्तराल होने पर साफ दिखेगा।

इस गतिविधि से हमें सुराग मिलता है कि क्यों एक महीने से थोड़ी कम अवधि में समय के साथ हमें चन्द्रमा की अलग-अलग कलाएँ देखने को मिलती हैं। इस समझ को निम्नलिखित गतिविधि से और पुष्ट किया जा सकता है।

गतिविधि 4: इस गतिविधि के लिए हमें एक ग्लोब, एक छोटी गेंद और एक टॉर्च की आवश्यकता होगी। पृथ्वी के लिए एक बड़ी गेंद का उपयोग भी किया जा सकता है लेकिन ग्लोब का उपयोग करना बेहतर है ताकि आप स्वयं को किसी जाने-पहचाने स्थान पर रख सकें और यह पता कर सकें कि वहाँ से क्या नज़र आएगा। सबसे पहले टॉर्च (सूर्य) को चमकाएँ ताकि उसका प्रकाश ग्लोब (पृथ्वी) और गेंद (चन्द्रमा), दोनों पर पड़े। गेंद को ग्लोब के आसपास घुमाएँ। ऐसा करते हुए यह ध्यान रखें कि गेंद ग्लोब की छाया में न आए और न ही गेंद की छाया ग्लोब पर पड़े।³ यह आसानी-से देखा जा सकता है कि गेंद का आधा हिस्सा सदैव टॉर्च से आलोकित है और आधा हिस्सा अन्धकार में है। इसी प्रकार से ग्लोब के आधे हिस्से पर रोशनी है (पृथ्वी का वह हिस्सा जहाँ दिन है) जबकि शेष आधा

हिस्सा अन्धकार में है (जहाँ रात हो चुकी है)। गेंद को ग्लोब के आसपास घुमाते हुए यह स्पष्ट हो जाएगा कि हर 24 घण्टे की अवधि में विभिन्न बिन्दुओं पर कभी-कभी चन्द्रमा दिन में कुछ समय नज़र आएगा और रात में भी। अलबत्ता, जब चन्द्रमा सूर्य के अपेक्षाकृत नज़दीक होता है, तब वह हमें दिखाई नहीं देगा, सिवाय अल्सुबह के या शाम के करीब क्योंकि जब सूर्य आकाश में काफी ऊपर होता है तब हम उसकी ओर देख नहीं पाएँगे (कोशिश भी नहीं करनी चाहिए क्योंकि ऐसा करने पर आँखों को नुकसान हो सकता है)।

इसके बाद स्वयं को ग्लोब पर अवस्थित कीजिए और कल्पना कीजिए कि चन्द्रमा के प्रकाशित आधे हिस्से में से आपको कितना दिखेगा। पहले सूर्य, चन्द्रमा और पृथ्वी की उन सापेक्ष स्थितियों का पता लगाइए जब आपको पूर्णिमा का चाँद नज़र आएगा और कब उसका कोई हिस्सा नहीं दिखाई पड़ेगा। इसके बाद यह पता करने की कोशिश कीजिए कि किस स्थिति में चन्द्रमा के आलोकित हिस्से में से ठीक आधा पृथ्वी से नज़र आएगा। देख लीजिए कि क्या आप 30 दिन की अवधि में चन्द्रमा की सारी कलाओं के लिए स्थितियों का अनुमान लगा सकते हैं।

एक बार जब हमने पृथ्वी के

³ ऐसा होने पर हम ग्रहण की स्थिति में पहुँच जाएँगे, जिसकी चर्चा हम फिलहाल नहीं कर रहे हैं।

जब क्रिसेंट चन्द्रमा दिखता है, तब चन्द्रमा का पूरा गोला क्यों हल्का-सा प्रकाशित दिखता है? बाकी दिन क्यों नहीं?

आपने देखा होगा कि जब अमावस्या के बाद क्वार्टर चन्द्रमा दिखता है (जब आधा चन्द्रमा दिखता है, इसे क्वार्टर चन्द्रमा कहते हैं क्योंकि उसने पृथ्वी के आसपास चौथाई परिक्रमा पूरी कर ली होती है), उस समय शेष आधा हिस्सा पूरी तरह अन्धकार में होता है और बिलकुल भी नहीं दिखता। लेकिन अमावस्या के 3-4 दिन बाद जब आकाश में पर्याप्त अँधेरा हो जाने के बाद क्रिसेंट चन्द्रमा दिखता है, तब क्रिसेंट तो पूरी तरह प्रकाशित होता ही है, परन्तु साथ में चन्द्रमा के पूरे गोले को दर्शाता एक हल्का-सा वृत्त भी नज़र आता है। चन्द्रमा पर पड़ने वाली इस हल्की-सी रोशनी का स्रोत क्या है?

दिलचस्प बात है कि यह हल्की-सी रोशनी हम तक कई परावर्तनों के उपरान्त पहुँचती है - पृथ्वी भी सूर्य के



प्रकाश से आलोकित होती है और चन्द्रमा के समान वह भी इसमें से कुछ प्रकाश को अन्तरिक्ष में परावर्तित कर देती है (जैसे हम सारे ग्रहों को उनके द्वारा परावर्तित सूर्य के प्रकाश की बदौलत देख पाते हैं)। क्रिसेंट स्थिति में, पृथ्वी से परावर्तित कुछ प्रकाश चन्द्रमा की ओर भी जाता है जिसे चन्द्रमा पुनः पृथ्वी की ओर परावर्तित कर देता है! पृथ्वी के इस हल्के-से प्रकाश में एक साधारण दूरबीन की मदद से भी चन्द्रमा के गड्ढों का अवलोकन आसानी-से किया जा सकता है। क्वार्टर चन्द्रमा के समय पृथ्वी से परावर्तित प्रकाश चन्द्रमा के अँधेरे हिस्से की ओर नहीं जाता, इसलिए हमें सिर्फ आधा चन्द्रमा ही दिखता है।

चित्र-3: क्रिसेंट चन्द्रमा - साथ में चन्द्रमा के पूरे गोले को दर्शाता एक हल्का-सा आलोकित वृत्त नज़र आता है।

आसपास चन्द्रमा की गति का अन्दाज़ लगा लिया है और यह भी देख लिया है कि वह प्रतिदिन कितना चलता है, तो हम यह समझ सकते हैं कि क्यों हर बार पूर्णिमा का चन्द्रमा ठीक उस समय उदय नहीं होता जब सूर्यास्त होता है (पृथ्वी के कुछ हिस्सों में अवश्य पूर्णिमा का चन्द्रमा ठीक सूर्यास्त के समय उदय हुआ होगा; लेकिन भारत में हमारे लिए या तो चन्द्रमा एकदम विपरीत बिन्दु पर नहीं पहुँचा होगा या हो सकता है, उससे आगे बढ़ गया हो)। इससे इस बात की भी व्याख्या हो जाती है कि

क्यों ईद का त्योहार दुनिया के अलग-अलग हिस्सों में अलग-अलग दिन मनाया जाता है (हो सकता है कि किसी देश में क्रिसेंट चन्द्रमा सूर्यास्त के समय सूर्य के बहुत निकट हो, और तब चन्द्रमा सूर्यास्त के तत्काल बाद अस्त हो जाएगा। इसलिए हो सकता है कि उस समय इतना अँधेरा न हुआ हो कि अस्त होने से पहले चन्द्रमा दिख सके)।

यदि आपके मन में चन्द्रमा को लेकर (ग्रहण के अलावा) कोई सवाल हों, तो लिखकर पूछ लें।

उमा सुधीर: एकलव्य के साथ जुड़ी हैं। 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।

सभी चित्र: हरमन: चित्रकार हैं। दिल्ली कॉलेज ऑफ आर्ट, नई दिल्ली से फाइन आर्ट्स (चित्रकारी) में स्नातक और अम्बेडकर यूनिवर्सिटी, नई दिल्ली से विजुअल आर्ट्स में स्नातकोत्तर। भटिंडा, पंजाब में रहते हैं।

विकिपीडिया पर कुछ वीडियो हैं जिनमें दिखाया गया है कि चन्द्रमा की कलाएँ कैसी दिखती हैं। चन्द्रमा की कलाओं के बारे में समझने के लिए इंटरनेट पर उपलब्ध कुछ उपयोगी सन्दर्भ सामग्री को देखने के लिए नीचे दिए गए QR code को स्कैन करें:

