# सूर्य का आश्चर्य!

## स्व-निर्मित उपकरण से दिन में खगोलविज्ञान की गैर-मामूली अवधारणाओं का अध्ययन

प्रज्वल शास्त्री

**यदि आसमान साफ हो तो स्कूल के घण्टों के दौरान सूर्य दिखाई देता है। ऐसे उपकरण, जिन्हें आसानी से हम खुद बना सकते हैं, का उपयोग सरल अवलोकनों को करने और सूर्य से सम्बन्धित मापों को नापने के लिए किया जा सकता है। इनसे खगोलविज्ञान के संसार की अन्तर्दृष्टियाँ, सूर्य की कार्यप्रणालियाँ, पिन-होल (छिद्र) कैमरे और छवियाँ निर्मित करना ये सभी बातें निकल सकती हैं। यहाँ ऐसी कुछ गतिविधियों का वर्णन किया गया है। साथ ही साथ बाह्य पाठ्यसामग्री तथा वीडियो संसाधनों के बारे में दिशा निर्देश भी दिए गए हैं।**

### खगोलविज्ञान प्रेरक है, किन्तु ....

किसी चन्द्रमा विहीन रात को मिल्की वे (हमारी आकाशगंगा) का दृश्य मनोहारी होता है। शक्तिशाली दूरबीनों (टेलिस्कोप), जैसे कि **हबल, स्पिट्जर** और **चन्द्रा** के द्वारा देखे गए और इंटरनैट के माध्यम से हमारे घरों तक लाए गए सुदूर ब्रह्माण्ड के फोटोग्राफ मंत्रमुग्ध करने वाले होते हैं। आकाश तक सबकी पहुँच है और वह एक 'सार्वभौमिक प्रयोगशाला' है। परन्तु, स्कूल के घण्टे हमेशा ही दिन के समय होते हैं। इस वास्तविकता में यदि हम प्रकाश के प्रदूषण के अभिशाप को भी जोड़ दें, तो व्यावहारिक रूप से स्कूल के नियमित घण्टों में तारों को गौर से देखने का कोई अवसर ही नहीं बचता - पर इसका एक अपवाद है। हमारे सबसे निकट का तारा, सूर्य,

स्कूल के घण्टों के दौरान 'प्रयोगशाला' की भूमिका निभा सकता है! इस प्रकार, दिन के समय किए गए खगोलविज्ञान के प्रयोगों के साथ, करने और खोजने के द्वारा विज्ञान का सीखना वास्तव में घटित हो सकता है।

### सावधानी रखें[1]

सूर्य को सीधे एकटक नहीं देखना चाहिए - यह हमारी आँखों

को नुकसान पहुँचा सकता है। सूर्य की छवि को प्रक्षेपित करना, जिसका नीचे दी गई गतिविधियों में वर्णन किया गया है, सूर्य को देखने की सुरक्षित विधियों में से एक है।

### गतिविधि 1 : दिन के समय के चन्द्रमा को खोजना!

**आवश्यक सामग्री:** अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक कॉपी

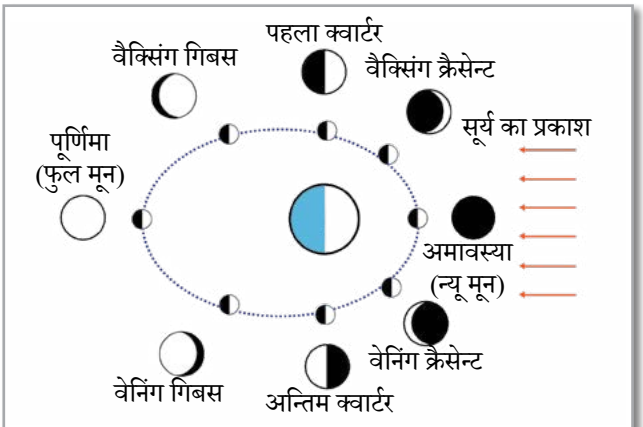
**स्थितियाँ :** यह जरूरी है कि यह प्रयोग ऐसी खुली जगह में हो जहाँ सूर्य और चन्द्रमा सहित आकाश का काफी हिस्सा, कम से कम बीच-बीच के अन्तरालों में, साफ दिखाई देता हो, अर्थात आसमान अपेक्षाकृत साफ होना चाहिए।

**पृष्ठभूमि :** हमारा चन्द्रमा आकाश में चमकता हुआ दिखाई देता है क्योंकि वह सूर्य के प्रकाश से आलोकित होता है। चूँकि चन्द्रमा लगभग हर 29 दिनों में पृथ्वी की परिक्रमा करता है, इसलिए चन्द्रमा के इस प्रकाशित पृष्ठ के अलग-अलग हिस्से हमें अलग-अलग दिनों में दिखाई देते हैं, जिनको हम 'चन्द्रमा की कलाएँ (फेजेस ऑफ द मून)' कहते हैं। चन्द्रमा के द्वारा पृथ्वी की परिक्रमा करने का एक अन्य प्रभाव, जो कई दिनों में एक बार दिखाई देता है, यह है कि चन्द्रमा कभी तो रात को दिखाई देता है और कभी-कभी दिन के दौरान दिखाई देता है। वास्तव में, चन्द्रमा इतना चमकदार तो होता ही है कि उसे दिन के साफ चमकते हुए नीले आसमान में भी देखा जा सकता है। दिन के समय के चन्द्रमा को खोजना एक ऐसी गतिविधि है जो चन्द्रमा की परिक्रमा कक्षा, ग्रहणों आदि के बारे में सिखाने वाली अधिक गहराई की गतिविधियों की पूर्ववर्ती हो सकती है, जिनमें प्रतिरूपों (मॉडलों), या अवलोकनों का रात के साथ-साथ दिन के दौरान भी उपयोग किया जा सकता है।

**टिप्पणी :** सुबह की अवधि के दौरान चन्द्रमा पूर्णिमा के कुछ दिन बाद दिखाई देगा और दोपहर की अवधि में वह पूर्णिमा के कुछ दिन पहले दिखाई देगा। ऊपर बताए गए अवलोकनों में से पहला तब करना सुनिश्चित करें जब चन्द्रमा भी सूर्य के साथ-साथ दिखाई दे रहा हो। आदर्श रूप में तो, अवलोकनों को चन्द्रमा के पूरे परिक्रमा चक्र के दौरान किया जाना चाहिए, ताकि जिन दिनों चन्द्रमा दिन के समय में दिखाई नहीं देता उन्हें भी दर्ज किया जाए। फिर विद्यार्थियों को इन अवलोकनों को दिन के साथ ही रात में भी (घर पर) करने के लिए प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। साथ ही अपने परिणामों का सम्बन्ध चन्द्रमा की कलाओं से जोड़ना चाहिए जिनका अध्ययन वे अपनी पाठ्यपुस्तकों में करते हैं। पहले से इस गतिविधि के समय तय करने, और उसकी योजना बनाने का काम चन्द्रमा के कैलेण्डर का उपयोग करके किया जा सकता है जो कि आसानी से इंटरनैट[2] पर उपलब्ध रहते हैं।

**अवलोकन गतिविधि :**

1. दिन के समय के आकाश में चन्द्रमा की स्थिति को ढूँढ़ लें।
2. उसकी आकृति कैसी है? अवलोकनों की कॉपी में उसकी रफ आकृति उतार लें और साथ में अवलोकन की तारीख और समय भी दर्ज करें।
3. क्षितिज, या चन्द्रमा के ठीक नीचे के आकाश, के सापेक्ष उसकी आकृति का घुमाव (ओरिएंटेशन) कैसा है?
4. सूर्य के सापेक्ष उसकी आकाश में क्या स्थिति है? (दक्षिण-पूर्व? उत्तर-पश्चिम?)
5. अपनी एक बाँह को सीधी सूर्य की तरफ फैलाएँ और दूसरी को सीधी चन्द्रमा की तरफ फैलाएँ। आपकी बाँहों के द्वारा बनाया गया अनुमानित कोण कितना है?
6. लगभग 30-60 मिनटों के अन्तरालों पर आकाश में चन्द्रमा के पथ का निरीक्षण करें और ऊपर के अवलोकनों को दोहराएँ।
7. आगामी दिनों में भी इन अवलोकनों को दोहराएँ।
8. **चित्र 1** में दिए गए चन्द्रमा की परिक्रमा कक्षा के रेखाचित्र का इस्तेमाल करते हुए, क्या आप कुछ दिनों की अवधि में किए गए अपने अवलोकनों को समझा सकते हैं?




**चित्र 1 :** चन्द्रमा की परिक्रमा कक्षा।

| अवलोकन का स्थान | तारीख | समय | आकाश की स्थिति | सूर्य और चन्द्रमा के बीच का कोण | चन्द्रमा की आकृति |
|---|---|---|---|---|---|
| स्कूल का खेल मैदान | रविवार 20 मार्च 16 | 13:00 | साफ | | |
| स्कूल का खेल मैदान | सोमवार 21 मार्च 16 | 15:00 | आंशिक रूप से बादलों वाला | | |
| स्थानीय पार्क | रविवार 20 मार्च 16 | 11:00 | आंशिक रूप से बादलों वाला | | |
| स्कूल का खेल मैदान | बुधवार 23 मार्च 16 | 11:30 | अधिकांश साफ, गुजरते हुए बादल | | |

**तालिका 1.** अवलोकनों को दर्ज करने के प्रारूप का एक उदाहरण

## गतिविधि 2 : जादुई दर्पण

**आवश्यक सामग्री :** एक साधारण दर्पण जिसका आकार लगभग 3 से.मी. × 3 से.मी. का हो, मोटा काला कागज जिसका आकार लगभग 15 से.मी. × 15 से.मी. हो (इसका आकार आपके दर्पण के आकार पर निर्भर करता है – दिशा निर्देशों को देखें), एक गोल सिक्का, एक कैंची, चिपकाने की सामग्री, एक छोटा रूलर, नापने का टेप, अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक कॉपी।

**आवश्यक स्थितियाँ :** इतना पर्याप्त साफ आसमान कि सूर्य को देखा जा सके (कम-से-कम बीच-बीच में) और एक खुली जगह जहाँ से आकाश का दृश्य बहुत ज्यादा बाधित न हो।

**जादुई दर्पण का निर्माण :**

**चरण 1** : काले कागज के हर कोने से, 5 से.मी. × 5 से.मी. के आकार का वर्गाकार टुकड़ा काटकर अलग कर दें, और काट के किनारे कागज के किनारों के समानान्तर हों ताकि काटने के बाद एक बड़े 'गणित के धन (प्लस) चिन्ह' जैसा टुकड़ा बचा रहे (चित्र 2 देखें)।

**चरण 2 :** इस 'धन' चिन्ह वाले टुकड़े के बाहरी वर्गाकार टुकड़ों में से एक वर्ग, एक वृत्त (इसे बनाने के लिए सिक्के का इस्तेमाल करें), एक सितारा और एक समबाहु त्रिभुज के आकारों के टुकड़े काटकर निकाल दें। ये आकृतियाँ दर्पण के आकार से छोटी होना चाहिए।

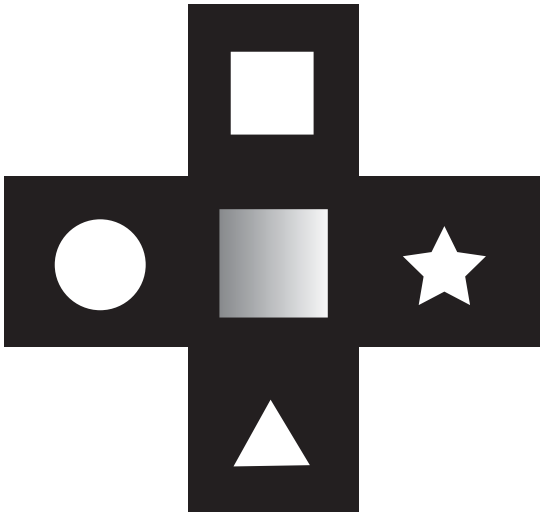
**चरण 3** : इस 'धन' के बीच के वर्गाकार हिस्से पर दर्पण को अच्छी तरह चिपका दें।

**चरण 4 :** कटआउट के वर्गाकार भागों में से हर एक को मोड़कर दर्पण के ऊपर रखें, ताकि आपके पास दर्पण के ऊपर मुखौटों जैसा काम करने के लिए चार आवरण बन जाएँ।

**जादुई दर्पण तैयार है!**

**उपयोग :** इस जादुई दर्पण को बाहर किसी ऐसी जगह ले जाएँ जहाँ सूर्य दिखाई देता हो। दर्पण को इस तरह से उठाकर सामने करें कि वह 'सूर्य को पकड़े', और दर्पण की स्थिति और झुकाव के साथ प्रयोग करें ताकि वह पास की लगभग एक मीटर दूर की किसी सतह पर सूर्य के प्रकाश के चमकते टुकड़े को प्रतिबिम्बित करे। यह सतह कोई दीवार, किसी दोस्त के द्वारा पकड़ी गई कागज की एक शीट या किसी व्यक्ति के पहने हुए कपड़े, कुछ भी हो सकती है।

फिर बारी-बारी से जादुई दर्पण का प्रत्येक वर्गाकार आवरण मोड़कर उसके ऊपर ढाँकें, और सामने की सतह पर प्रतिबिम्बित प्रकाश के चमकदार टुकड़े को देखें। इसमें कोई



**चित्र 2 :** 'धन' चिन्ह के आकार में काटा गया काला कागज जिसके बीच में वर्गाकार दर्पण चिपकाया गया है, और जिसके बाहरी चार भागों में एक वर्ग, एक वृत्त, एक सितारा और एक त्रिभुज की आकृतियाँ काटकर निकाल दी गई हैं। आभार : नवनिर्मिति 2013

अचरज की बात नहीं दिखेगी, उस चमकदार टुकड़े की आकृति वही शक्ल ले लेगी जो दर्पण के मुखौटे की होगी चाहे वह वर्गाकार हो, या फिर वृत्ताकार, त्रिभुजाकार या सितारे जैसी।

अब अचरज की बात आती है। दर्पण और प्रक्षेपण किए जाने वाली सतह के बीच की दूरी बढ़ाकर लगभग 8-10 मीटर कर दें। यदि किसी व्यक्ति के कपड़ों को चमकदार टुकड़े का प्रक्षेपण करने की सतह की तरह इस्तेमाल किया गया था, तो दर्पण के सामने उसकी पीठ कर दें ताकि गलती से सूर्य का प्रक्षेपण उसकी आँखों पर न हो, जो उसे एकदम चकाचौंध कर देगा। गौर करें कि दूरी बढ़ाने का प्रकाश के चमकदार टुकड़े की आकृति पर क्या प्रभाव पड़ता है। चाहे मुखौटे की आकृति कैसी भी हो (चाहे वह वर्गाकार हो, या वृत्त, त्रिभुज या सितारा हो), पर वह चमकदार टुकड़ा हमेशा वृत्ताकार होता है! त्रिभुजाकार मुखौटे को मोड़कर दर्पण के ऊपर रखें, और सतह को आगे पीछे करें, और देखें किस तरह वह चमकदार टुकड़ा सतह के पास होने पर त्रिभुजाकार से, सतह के दूर होने पर वृत्ताकार बन जाता है।[3] इसी प्रक्रिया को वर्गाकार और सितारे जैसी आकृति के मुखौटों के साथ दोहराएँ।

**व्याख्या :** वृत्ताकार टुकड़ा सूर्य का प्रतिबिम्ब है। इसे इसी तरह का एक और प्रयोग करके विश्वसनीय ढंग से प्रदर्शित किया जा सकता है, जिसे किसी तेज लैम्प या टार्च की रोशनी से किसी अच्छी तरह से अँधेरा किए गए कमरे में किया जा सकता है।[4] यदि दर्पण को किसी दीवार से काफी अधिक दूरी पर रखा जाए तो वह दीवार पर लैम्प या टार्च की छवि को प्रक्षेपित करता है। एक सूक्ष्म छेद (पिन होल) कैमरे का विचार[5] सदियों से ज्ञात रहा है, और उसे व्यापक रूप से एक बड़ी गहराई वाले अवलोकन क्षेत्र में किसी दृश्य की छवि निर्मित करने के लिए इस्तेमाल किया गया है। पिन होल के विचार का अनुसरण करते हुए, गत्ते के टुकड़े (कार्डबोर्ड) में किए गए छेदों को सूर्य का प्रतिबिम्ब प्रक्षेपित करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।[4,6,7] 'पिन होल' प्रकृति में भी पाए जाते हैं, उदाहरण के लिए किसी पेड़ की पत्तियों के बीच की खाली जगहें।[7] हमारा जादुई दर्पण जब दीवार या प्रक्षेपण सतह से पर्याप्त दूरी पर होता है तब वह ऐसे ही एक पिन होल के समरूप की तरह व्यवहार करता है।[8] हालाँकि हमारा दर्पण एक 'पिन होल', जैसा कि हम उसके बारे में सोचते हैं, से काफी बड़ा है, परन्तु उसके 'जादू' का रहस्य स्वयं छेद या दर्पण के आकार में नहीं होता, बल्कि इस आकार और प्रक्षेपण किए जाने वाले परदे के बीच की दूरी के अनुपात पर होता है जो कि काफी बड़ा होना चाहिए। इस विचार को अगली गतिविधि में और विस्तार दिया गया है।

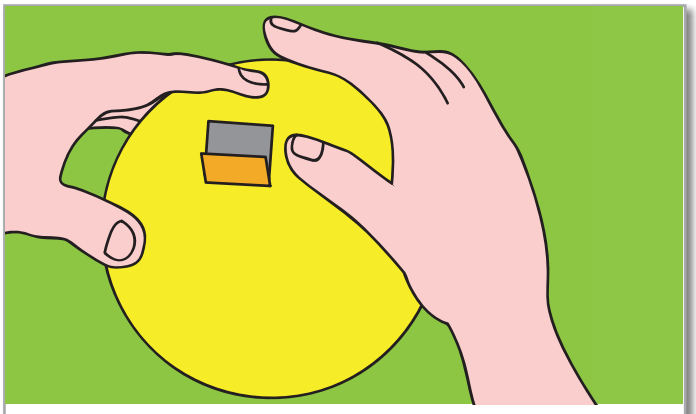
## गतिविधि 3 : गेंद की सतह पर बनाया गया सौर प्रक्षेपक (सोलर प्रोजेक्टर)

**आवश्यक सामग्री :** एक मध्यम आकार की कड़क प्लास्टिक की गेंद, गेंद में भरने के लिए थोड़ी-सी रेत, चिपकाने वाले टेप की एक खाली रिंग, या एक टैनिंकोइट रिंग, या एक स्थिर रहने वाली चपटी सतह का बेलनाकार डिब्बा (बगैर उसके ढक्कन के और उसका व्यास गेंद के व्यास का लगभग आधा हो) जो प्रक्षेपक के आधार (माउंट) का काम करेगा, एक छोटा दर्पण (लगभग 3 से.मी. × 3 से.मी. के आकार का), दर्पण से थोड़े से बड़े आकार का कड़क कागज का टुकड़ा, चिपकाने वाला टेप, एक कैंची और पेपर कटर, एक सिक्का और अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक कॉपी।

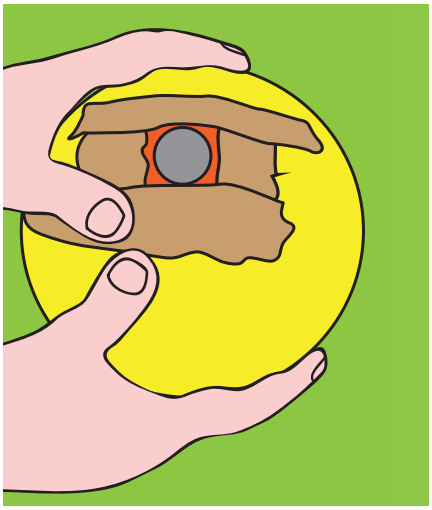
**अवलोकनों के लिए स्थितियाँ :** अपेक्षाकृत साफ आसमान जिसमें सूर्य कम-से-कम बीच-बीच में दिखाई दे रहा हो।

**गेंद की सतह पर प्रक्षेपक का आधार और सौर प्रक्षेपक निर्मित करना :** गेंद की सतह पर, कटर का इस्तेमाल करते हुए, लगभग 2.5 से.मी. × 2.5 से.मी. का एक वर्गाकार टुकड़ा चिन्हित करें, और फिर उस टुकड़े के तीन किनारों को काटकर एक वर्गाकार छेद बना लें। तीन तरफ से कटा हुआ वर्गाकार टुकड़ा ढक्कन का काम करेगा। इस छेद में से गेंद को रेत से आधे से कुछ ज्यादा तक भर दें। यह गेंद को स्थिर टिके रहने के लिए मदद करेगा। फिर छेद को ढक्कन से बन्द कर दें और उसे टेप से सील कर दें। अब इस गेंद को आधार पर रख दें (आधार के लिए उपयोग की गई टेप की रिंग, या बेलनाकार डिब्बा काम में लें)। आप महसूस कर सकते हैं कि गेंद को आसानी से इस आधार पर घुमाया जा सकता है, पर छोड़ देने पर वह स्थिर रहती है।

अब कड़क कागज के टुकड़े के बीच में सिक्के का उपयोग करते हुए लगभग 2 से.मी. व्यास का एक वृत्त बनाएँ। इस वृत्त को सावधानीपूर्वक सफाई से काटकर अलग कर दें और इस तरह दर्पण के लिए एक वृत्ताकार मुखौटा बना लें। वृत्ताकार छेद के आसपास के बचे हुए कागज के कटआउट पर चिपकाने वाला पदार्थ लगाएँ और उसे दर्पण की प्रतिबिम्बित करने वाली सतह पर सावधानी से चिपका दें, ताकि काटा गया वृत्त दर्पण के लगभग बीच में हो। यह सुनिश्चित कर लें कि वृत्ताकार छेद में से दर्पण के दिखाई देने वाले हिस्से पर चिपकने वाला पदार्थ बिलकुल न लगा हो। अब इस मुखौटे वाले दर्पण को टेप का इस्तेमाल करते हुए मजबूती से गेंद की सतह पर चिपका दें। यह सुनिश्चित कर लें कि टेप से वृत्ताकार छेद बिलकुल भी न ढँका हो।



**चित्र 3 :** एक कटर का उपयोग करते हुए गेंद पर तीन तरफ काटकर एक वर्गाकार छेद बनाना जिसका एक 'ढक्कन' है।
आभार : सूरज जमीन पर वीडियो सीरीज[9]



**चित्र 4 :** गेंद के ऊपर अच्छी तरह से चिपकाए गए दर्पण के ऊपर कागज काटकर बनाया गया एक वृत्ताकार मुखौटा।
आभार : सूरज जमीन पर वीडियो सीरीज[3]

**अब आपका रिंग पर रखा और गेंद की सतह पर बनाया गया सौर प्रक्षेपक तैयार है!**

**उपयोग :** गेंद के इस प्रक्षेपक को उसके रिंग के आधार पर खुले में जमीन पर किसी जगह रखें। गेंद को घुमाते हुए प्रयोग करें और दर्पण को इस तरह ऊपर की ओर लाएँ कि वह सूर्य के सीधे सामने होकर उसके प्रकाश को पकड़ रहा हो, तथा उसके प्रतिबिम्ब को किसी सीधी खड़ी ऊर्ध्वाधर सतह, जैसे कि कोई दीवार या परदे, पर दिखाए। गौर करें कि यह सतह गेंद से जितनी दूर होगी, सूर्य का प्रतिबिम्ब उतना ही अधिक बड़ा होगा परन्तु उसकी चमक तथा स्पष्टता उतनी ही कम होगी, अर्थात वह उतना ही कम साफ दिखाई देगा।

### अवलोकन गतिविधियाँ :

- जब आप प्रक्षेपित प्रतिबिम्ब और गेंद के प्रक्षेपक के बीच की दूरी को बदलते हैं तो प्रतिबिम्ब किस तरह बदलता है?
- यदि आप दर्पण को (कई मिनिट तक) स्थिर रखें तो समय बीतने के साथ प्रतिबिम्ब पर क्या असर पड़ता है?
- समय बीतने के साथ प्रतिबिम्ब के खिसकने की दिशा क्या है (दाईं ओर या बाईं ओर? ऊपर की ओर या नीचे की ओर? पूर्व की ओर या पश्चिम की ओर?)?
- अब गेंद के प्रक्षेपक को किसी ऐसी जगह पर रखें (किसी कमरे के खुले दरवाजे में या बिना सलाखों वाली खिड़की की पट्टी पर) जहाँ से सूर्य का प्रतिबिम्ब कमरे के भीतर की दीवार पर पड़ रहा हो। अब सूर्य के प्रतिबिम्ब के आसपास के क्षेत्र के सापेक्ष उसकी स्पष्टता पर गौर करें।
- यदि कमरे की खिड़कियों, रोशनदानों आदि पर काले परदे ढाँककर उसमें और भी अधिक अँधेरा कर दिया जाए तो प्रतिबिम्ब की स्पष्टता और चमक को और अधिक बढ़ाया जा सकता है।
- किसी हल्के रंग के कागज की एक बड़ी शीट को प्रक्षेपण की सतह पर लगा दें ताकि आप दिन के समय के बदलने, दिनों के बदलने आदि के साथ सूर्य की खिसकती हुई विभिन्न स्थितियों को उस पर अंकित कर सकें।
- गेंद के प्रक्षेपक को ठीक उसी स्थान पर अगले दिन उसी समय फिर से रखें। अब पिछले दिन के सापेक्ष सूर्य के प्रतिबिम्ब की स्थिति क्या है?
- क्या आप सूर्य के प्रतिबिम्ब के भीतर कोई काले धब्बे देख सकते हैं? क्या वे समय बीतने के साथ प्रतिबिम्ब की किनारी के सापेक्ष खिसकते हैं? ये सौर धब्बे (सन स्पॉट्स)[10] हो सकते हैं!

### उपकरण के बारे में टिप्पणियाँ

**आधार :** जब वजनदार गेंद को रिंग के आधार पर रखा जाता है तो वह न केवल बहुत स्थिर रहती है, बल्कि उसे ठीक दिशा की ओर घुमाने की प्रक्रिया में भाग लेने वाले को उस बोध का अनुभव भी होता है जिसे खगोलविज्ञान की भाषा में 'आल्ट-एज' या उन्नतांश-दिगंश आधार (altitude-azimuth mount) कहते हैं। यह जमीन पर स्थापित दूरबीनों (टेलिस्कोप) के प्रचलित आधारों में से एक होता है जिसमें यांत्रिक व्यवस्था से दूरबीन को दो अक्षों के चारों ओर वृत्ताकार गति देकर घुमाया जा सकता है। एक अक्ष धरातल के समानान्तर होता है (और इस तरह दूरबीन के झुकाव को बदलकर वह जिस दिशा की ओर उन्मुख है उसे बदला जा सकता है) और दूसरा अक्ष धरातल के लम्बवत होता है, जो दूरबीन को घुमाते हुए उसकी दिशा को बदलकर उसे उसके 'दिगंश (azimuth)' को बदलने में समर्थ बनाती है। इस प्रकार इन दोनों प्रकार की स्वतंत्र गतियों

के संयोजन का उपयोग करते हुए, क्षितिज से ऊपर आकाश की सभी दिशाएँ और उसके सभी बिन्दु दूरबीन की पहुँच में आ जाते हैं।

**प्रक्षेपक :** इसके सिद्धान्त का परिचय पिछली गतिविधि में दिया गया था। दर्पण को एक गोलाकार छेद के मुखौटे से ढाँक देने से वह तब एक 'पिन होल' का काम करने लगता है जब वह परदा जिस पर सूर्य के प्रतिबिम्ब को प्रक्षेपित किया जा रहा हो अपेक्षाकृत रूप से दूर हो। यह याद रखना महत्वपूर्ण है कि (क) पिन होल के प्रभाव के लिए, जितना ज्यादा बड़ा छेद होगा परदे को उतनी ही अधिक दूरी पर रखना होगा; (ख) जितना बड़ा छेद होगा वह प्रकाश की उतनी ही अधिक मात्रा एकत्रित करेगा (जिससे ज्यादा चमकदार प्रतिबिम्ब मिलेगा) परन्तु प्रतिबिम्ब की स्पष्टता (शार्पनैस, जिसे प्रतिबिम्ब की किनारी पर साफ देखा जा सकता है, या तब साफ देखा जा सकता है जब सौर धब्बे हों या सूर्य के सामने से कोई ग्रह गुजर रहा हो) उतनी ही कम हो जाएगी; (ग) परदा जितनी अधिक दूर होगा, सूर्य का प्रतिबिम्ब उतना ही अधिक बड़ा होगा, लेकिन उसकी चमक और उसके आसपास के क्षेत्र के सापेक्ष उसकी स्पष्टता भी उतनी ही अधिक कम हो जाएगी। इस प्रकार इसमें कुछ पाने और कुछ खोने की दुविधाएँ रहती हैं, और विद्यार्थियों को इन लाभों और नुकसानों को पहचानने और समझने में समर्थ बनाने के लिए उन्हें छेद का आकार बदलने और परदे की दूरी बदलने के लिए प्रोत्साहित करना चाहिए।

दर्पण तथा प्रक्षेपण परदे की उसी दूरी के लिए, दर्पण को एक अँधेरे कमरे में रखने से प्रतिबिम्ब की चमक और उसके आसपास के क्षेत्र के सापेक्ष उसकी स्पष्टता दोनों बढ़ जाती है, इससे अवलोकन करने वाले के लिए भी स्पष्टता बढ़ती है। अँधेरे कमरे को - जिसमें प्रक्षेपण दीवार पर कागज की शीटों को लगाया गया हो जिन पर सूर्य की स्थिति और उसके खिसकने को चिन्हित किया जा सके - जानकारी (डाटा) एकत्रित करने के स्टूडियो की तरह काम में लिया जा सकता है। जब एकबारगी प्रक्षेपक के साथ विद्यार्थी खेल लेते हैं तो उसकी डिजाइन के दूसरे लाभ भी स्पष्ट हो जाते हैं - आकाश में सूर्य किसी भी स्थिति पर हो, पर प्रक्षेपक से परदे तक का पथ लगभग धरातल के समानान्तर बना रह सकता है, जो प्रयोग को बहुत सुविधाजनक बना देता है।

## गतिविधियों पर टिप्पणियाँ

दर्पण के मुखौटे की विभिन्न आकृतियों और आकारों तथा प्रक्षेपण के परदे की दूरी के साथ-साथ खेलते हुए प्रयोग करने में पिन-होल प्रक्षेपण के विचार की समझ पैदा होती है। लगभग 2 से.मी. व्यास के गोलाकार छेद वाले दर्पण के मुखौटे और 30 मीटर दूर किसी अँधेरे कमरे में स्थित प्रक्षेपण स्क्रीन होना अच्छी तरह काम करता है। सूर्य के प्रक्षेपित प्रतिबिम्ब के खिसकने का अनुसरण करना, और उसे दर्ज करना सूर्य की प्रतिदिन होने वाली गति और उसमें एक दिन से दूसरे दिन होने वाले तथा ऋतुओं के अनुसार होने वाले परिवर्तनों को प्रदर्शित करता है। कभी-कभी सूर्य की सतह सौर धब्बों[11] को भी दर्शाती है। सौर धब्बों को देखने की क्षमता के लिए पर्याप्त रूप से बड़े सौर धब्बों के होने, तथा प्रतिबिम्ब के बहुत अधिक स्पष्ट (शार्प) होने की आवश्यकता होती है। सूर्य की प्रतिदिन की छवियों, जो हमें दिखाती हैं कि स्पष्ट सौर धब्बे देखे जा सकते या नहीं, को नासा या सोहो (NASA/SOHO) की वैबसाइट पर देखा जा सकता है।[10] सौर धब्बे सूर्य पर ग्रहों के आकार के ऐसे क्षेत्र होते हैं जिनके बहुत उच्च क्षमता वाले चुम्बकीय क्षेत्र, और इसलिए बहुत अधिक चुम्बकीय दबाव वाले क्षेत्र होते हैं, जो संवहनी (convective) ताप ऊर्जा के सूर्य की सतह तक पहुँचने को बाधित करते हैं। इसलिए ये क्षेत्र तुलनात्मक रूप से थोड़े ठण्डे होते हैं, और इसलिए उनके आसपास की सूर्य की सतह की अपेक्षा काफी काले प्रतीत होते हैं।

## निष्कर्ष

खगोलविज्ञान उन चीजों का परिचय करवाने का एक आनन्दपूर्ण तरीका है जो बहुत दूर हैं और **वाकई में** बहुत विराट हैं, परन्तु वे भौतिकशास्त्र के नियमों का उस तरह से पालन करती हैं जिस तरह से हम पृथ्वीवासी उन्हें समझते हैं। हमारे ब्रह्माण्ड से इस परिचय के लिए रात के आकाश का ही होना आवश्यक नहीं है,

**चित्र 5 :** सौर प्रक्षेपक का उपयोग करती हुई दो लड़कियाँ। आभार : सेजल शेल्वी और नवनिर्मिति लर्निंग फाउण्डेशन

और उसे कई दिनों के दौरान स्कूल के घण्टों में किए जाने वाले प्रयोगों द्वारा भी करवाया जा सकता है, और इसलिए वह स्कूल के पाठ्यक्रम का भी हिस्सा हो सकता है।

**आभार**

'जादुई दर्पण' तथा 'गेंद वाला सौर प्रक्षेपक' नवनिर्मिति, इण्डिया द्वारा क्रमश: सोलर मैक्सिमम (2000) के नवनिर्मिति के सनट्रैक के दौरान तथा ट्रांजिट ऑफ वीनस (2004) कैम्पेन के दौरान डिजाइन किए गए थे।

यहाँ दिए गए तथा दिन के दौरान किए जा सकने वाले खगोलविज्ञान के अन्य प्रयोग उनकी वैबसाइट www.navnirmitilearning.org. पर उपलब्ध हैं। इनके तथा अन्य प्रयोगों के **यूट्यूब** पर उपलब्ध वीडियो **विज्ञान प्रसार** द्वारा **नवनिर्मिति लर्निंग फाउण्डेशन** तथा **भारत ज्ञान विज्ञान समिति**, कर्नाटक के साथ सहयोग करते हुए बनाए गए हैं। **नवनिर्मिति लर्निंग फाउण्डेशन** के प्रमुख डिजायनर विवेक मोंटीरियो एवं गीता महाशब्दे के साथ पिछले वर्षों के दौरान हुई चर्चाओं के लिए लेखिका आभारी है।

## References

1. Safe Viewing YouTube. Suraj Zameen Part 13: Safe Viewing, URL: <www.youtube.com/watch?v=-Xdy5TOi2E4>
2. Lunar Calendar: https://stardate.org/nightsky/moon
3. Magic Mirror YouTube. Suraj Zameen Part 3: Magic Mirror, URL: <www.youtube.com/watch?v=oLMyv0zZavA>
4. Pinhole YouTube. Suraj Zameen Part 2: Pin Hole, URL: <www.youtube.com/watch?v=H0ythHRZsXc>
5. Young, M., 1972, Pinhole Imagery, American Journal of Physics, 40, 715.
6. Navnirmiti, 2004. Measuring the Universe with a String and a Stone, URL: www.navnirmitilearning.org .
6. Nityananda, R. Observing Light. 2015, *I Wonder*, 1, 57.
7. Nilsson, T. H., Pinhead Mirror: A Previously Undiscovered Imaging Device? Applied Optics, 25, 2863.
8. Navnirmiti, 2012. Sun-earth experiments for Daytime Astronomy, URL: www.navnirmitilearning.org.
9. SOHO website. URL: http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/hmi_igr/512/
10. Sun Spots. URL: http://www.exploratorium.edu/sunspots/research2.html

**प्रज्वल शास्त्री** इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑफ ऐस्ट्रोफिजिक्स, बेंगलूरु में खगोल भौतिकशास्त्री (ऐस्ट्रोफिजिसिस्ट) हैं। उनकी प्रमुख शोध रुचि सुपरमैसिव ब्लैक होल्स की प्रायोगिक जाँच-पड़तालों में है। उनकी प्रमुख चिन्ता प्रारम्भिक विज्ञान शिक्षा के प्रति उनके असन्तोष को लेकर है। ब्रह्माण्ड के आश्चर्यों से रूबरू होने की सुविधा के लिए वेतन पाने के अपने विशिष्ट दर्जे को गहराई से महसूस करते हुए उन्हें निरन्तर इस बात का एहसास होता है कि अक्सर शौकिया खगोलविद् वाकई में उसके प्रति जबर्दस्त लगाव रखते हैं।
उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी