स्व-निर्मित उपकरणों के साथ

दिन के समय खगोलविज्ञान

प्रज्वल शास्त्री

लगभग हमेशा ही स्कूल का नियमित समय दिन का होता है, ऐसे में हम खगोलविज्ञान से विद्यार्थियों का परिचय कैसे कराएँ? आधुनिक खगोलविज्ञानी महँगे उपकरणों का इस्तेमाल करते हैं, क्या विद्यार्थी इनके बिना भी आसमान की छानबीन कर सकते हैं? दिन के समय के खगोलविज्ञान और स्व-निर्मित उपकरणों से विद्यार्थी क्या सीख सकते हैं?

अँधेरी रात में, आकाशगंगा के नज़ारे से कभी आपके ज़हन में यह ख़्याल झिलमिलाया है कि क्या पृथ्वी एकमात्र ग्रह है जो जीवन को पोषित-पल्लवित करती है? क्या सुदूर अन्तरिक्ष की तस्वीरों ने कभी आपको यह जानने की गहरी ख़्वाहिश से भर दिया है कि आख़िर हम आए कहाँ से हैं? खगोलविज्ञान इस तरह के सवालों की तफ़्तीश करता है। हम आसमान में केवल अपनी आँखों से, या फिर 'हबल', 'स्पिट्ज़र' और 'चन्द्र' जैसी शक्तिशाली दूरबीनों से जो भी देखते हैं, वह सब खगोलविज्ञानियों के लिए अवलोकन और अध्ययन की चीज़ है।

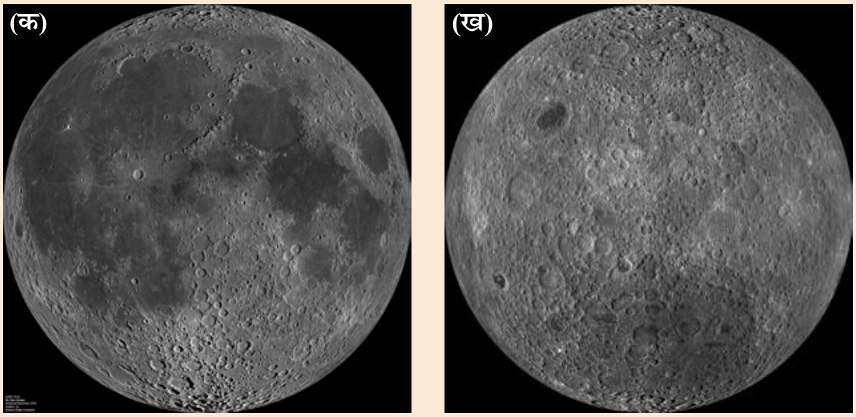
तो, हम अपने विद्यार्थियों को खगोलविज्ञान के आनन्द से कैसे जोड़ें? अब आसमान तो सबके लिए मौजूद है, तो इस तरह से यह 'सबकी वेधशाला' है। तक़रीबन हमेशा ही स्कूल का नियमित समय दिन का होता है। इस समय सूरज की रोशनी आँखें चौन्धिया देती है। ऐसे में, दूसरी आकाशीय वस्तुओं को देखना मुश्किल हो जाता है। लेकिन इससे सभी सम्भावनाएँ ख़त्म नहीं हो जाती हैं। हमसे सबसे क़रीब का तारा सूरज है और हमारा उपग्रह चन्द्रमा है – ये दोनों हमें स्कूल के समय में दिखते हैं। दिन के समय के खगोलविज्ञान से हम इन आकाशीय पिण्डों का और इनसे जुड़ी परिघटनाओं का अध्ययन कर सकते हैं।

दिन के चन्द्रमा का अवलोकन

विद्यार्थियों को दिन के समय दिखते चन्द्रमा को ढूँढ़ने के लिए कहें (देखें **गतिविधि शीट-1 : दिन के समय का चन्द्रमा ढूँढ़े**)। आप इस गतिविधि के आयोजन के लिए चन्द्र-कैलेंडर (lunar calendar) का इस्तेमाल कर सकते हैं। चन्द्र-कैलेंडर, चन्द्रमा की अवस्थाओं के मासिक चक्रों पर आधारित होता है। अपने विद्यार्थियों के लिए ऐसा पहला अवलोकन करने का इन्तज़ाम तब करें, जब चन्द्रमा और सूरज दोनों आसमान में दिख रहे हों (**बॉक्स-1** देखें)। चन्द्रमा के एक पूरे चक्र के दौरान हर दिन इन अवलोकनों को दर्ज करने के लिए अपने विद्यार्थियों के साथ काम करते

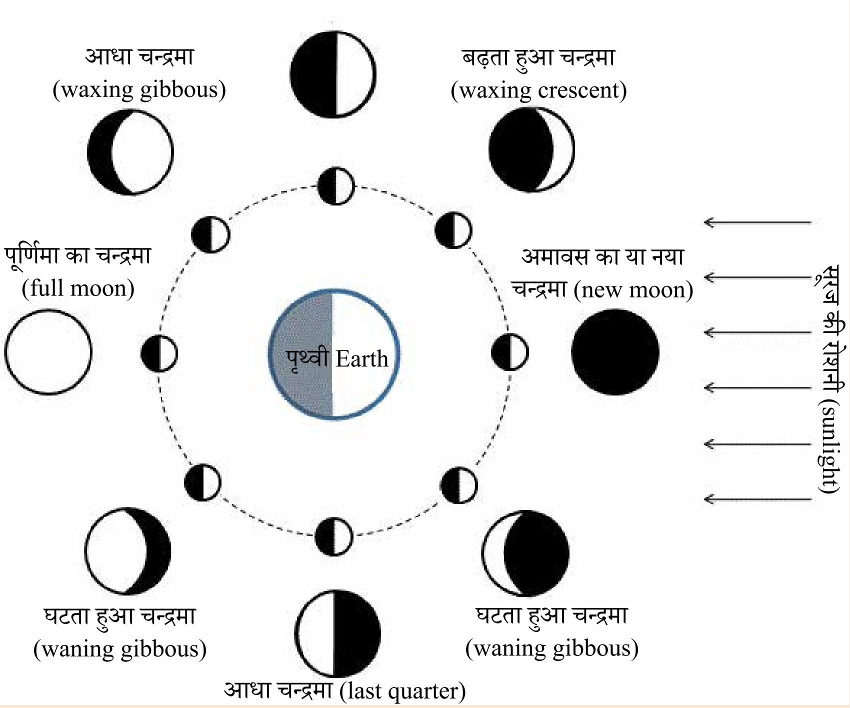
बॉक्स-1 : हम चन्द्रमा पर क्या देख सकते हैं?

- हमारे चन्द्रमा के उजला होने की वजह सूरज की वह रोशनी है, जो चन्द्रमा की सतह से टकराकर हम तक पहुँचती है। चन्द्रमा का वह आधा हिस्सा जो सूरज के सामने है, वह हर समय रोशन रहता है। यह चन्द्रमा का 'दिन वाला हिस्सा' (day side) कहलाता है। दूसरा आधा हिस्सा, जो अँधेरे में रहता है, वह चन्द्रमा का 'रात वाला हिस्सा' (night side) कहलाता है।
- पृथ्वी के चारों ओर चक्कर लगाने में चन्द्रमा को 27 दिन, 7 घण्टे, 43 मिनट और 11.5 सैकेंड लगते हैं। इतने ही समय में चन्द्रमा अपनी धुरी पर पूरा एक चक्कर घूम जाता है। इसका नतीजा यह है कि हमें हमेशा चन्द्रमा की सतह का केवल एक हिस्सा ही दिखता है। यह 'चन्द्रमा का अगला हिस्सा' (near side) कहलाता है। दूसरा हिस्सा, 'चन्द्रमा का पिछला हिस्सा' (far side) कहलाता है (**चित्र-1** देखें)।
- हम चन्द्रमा को हर रोज़ एक ही समय पर नहीं देख पाते हैं क्योंकि पृथ्वी के चारों ओर अपनी कक्षा में चन्द्रमा हर रोज़ 12–13 डिग्री पूर्व की ओर खिसक जाता है। हर नए दिन चन्द्रमा हमें तब नज़र आता है जब पृथ्वी अपनी धुरी पर पिछले दिन से कुछ ज़्यादा देर तक (क़रीब 50 मिनट अधिक) घूम चुकी होती है।
- सूरज से रोशन, चन्द्रमा का अगला हिस्सा 0% ('नए चन्द्रमा' के समय) से लगभग 100% ('पूरे चन्द्रमा' के समय) तक रोशन होता है। इस वजह से हमें चन्द्रमा की अलग-अलग आकृतियाँ दिखती हैं। हमें चन्द्रमा की ऐसी आठ तरह की आकृतियाँ दिखती हैं, जिन्हें 'चन्द्रमा की कलाएँ' (phases of the moon) भी कहते हैं (**चित्र-2** देखें)।
- साल के हर महीने के औसतन 25 दिनों में चन्द्रमा इतना चमकदार होता है कि वह हमें दिन के समय भी नज़र आता है। इसके विपरीत, जब चन्द्रमा तक़रीबन नया होता है, तब चन्द्रमा के अगले हिस्से का इतना कम भाग सूरज की रोशनी से रोशन होता है कि वह हमें नज़र नहीं आता है। और, जब तक़रीबन पूरा चन्द्रमा होता है, तब वह लगभग उसी समय 'निकलता' है जब सूरज 'डूबता' है, और लगभग उसी समय 'डूबता' है जब सूरज 'निकलता' है। पूरे चन्द्रमा के एक हफ़्ते बाद की सुबहों में (तीन-चौथाई चन्द्रमा के समय), और पूरे चन्द्रमा के एक हफ़्ते पहले की दोपहरों में (शुरुआती एक-चौथाई चन्द्रमा के समय) सूरज और चन्द्रमा को दिन में एक साथ सबसे आसानी से देखा जा सकता है।



चित्र-1 : चन्द्रमा के दोनों पक्षों की तस्वीरें, जो नासा के लूनर रिकॉनोसैन्स ऑर्बिटर ने ली थीं– (क) चन्द्रमा का 'आगे' वाला हिस्सा, और (ख) चन्द्रमा का 'पीछे' वाला हिस्सा।

Credits: (क) NASA/GSFC/Arizona State University, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moon_nearside_LRO.jpg. License: Public Domain.
(ख) NASA/GSFC/Arizona State University, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moon_Farside_LRO.jpg. License: Public Domain.



चित्र-2 : चन्द्रमा की कक्षा की आठ कलाएँ।

Credits: Andonee, Wikimedia Commons.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Moon_Phase_Diagram_for_Simple_English_Wikipedia.GIF.
License: CC-BY-SA 4.0 DEED.

तालिका-1 : चन्द्रमा पर नज़र रखने के लिए अवलोकन तालिका का एक उदाहरण।

अवलोकन स्थल	तारीख़	समय	आकाश का हाल	सूरज व चन्द्रमा के बीच का कोण	चन्द्रमा की आकृति
स्कूल में खेल का मैदान	रविवार 20 मार्च 2016	13:00	साफ़		
स्कूल में खेल का मैदान	सोमवार 21 मार्च 2016	15:00	हलके बादल		
घर के पास का पार्क	रविवार 20 मार्च 2016	11:00	हलके बादल		
स्कूल में खेल का मैदान	बुधवार 23 मार्च	11:30	ज़्यादातर साफ़, जाते हुए बादल		

बॉक्स-2 : पिनहोल कैमरा क्या होता है?
यह बिना लैंस का कैमरा होता है। इसमें पिन के बराबर का एक छेद (एपरचर—aperture) होता है। कैमरा, इस एपरचर के ज़रिए रोशनी की एक निश्चित मात्रा को गुजरने देता है और बाकी को फिल्टर करता है और यह स्क्रीन पर उल्टा प्रतिबिम्ब बनाता है। ऐसे कैमरे हमारे आस-पास प्रकृति में भी होते हैं। इसका एक उदाहरण पेड़ की पत्तियों के बीच की जगह हैं (**चित्र-3** देखें)।

चित्र-3 : प्राकृतिक पिनहोल। यहाँ आंशिक सूर्यग्रहण के दौरान पेड़ की छाया में दिख रहे रोशन अर्द्धचन्द्राकार हिस्से सूरज की छवियाँ हैं, जो पत्तियों के बीच फासले से बने प्राकृतिक पिनहोल से बन गई हैं।

Credits: Thayne Tuason. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_Eclipse_August_21_2017.jpg. License: CC-BY.

विद्यार्थी ख़ुद ही अपने लिए ऐसा कैमरा बना सकते हैं। उन्हें बस एक ऐसा बॉक्स चाहिए, जिसमें रोशनी न जा सकती हो। इस बॉक्स के एक ओर पिन के आकार का छेद (एपरचर) बनाएँ और दूसरी ओर बॉक्स के अन्दर फ़िल्म लगाएँ। जब कैमरे के एपरचर को किसी वस्तु (को देखने के लिए उस) की ओर किया जाता है तो उस वस्तु से टकराकर आने वाली रोशनी पिनहोल के ज़रिए बॉक्स में जाएगी और फ़िल्म पर उस वस्तु का उल्टा प्रतिबिम्ब बनाएगी।

रहें, जिससे कि वे दिन भी दर्ज हों जब दिन के आसमान में चन्द्रमा दिखाई नहीं दिया हो (**तालिका-1** देखें)। आप अपने विद्यार्थियों को प्रोत्साहित कर सकते हैं कि वे रात में उनके घर पर ऐसे ही अवलोकन करें और उन्हें दर्ज करें। विद्यार्थियों के अवलोकनों को पाठ्यपुस्तक में इनसे सम्बन्धित अवधारणाओं के साथ जोड़ें और चर्चा करें।

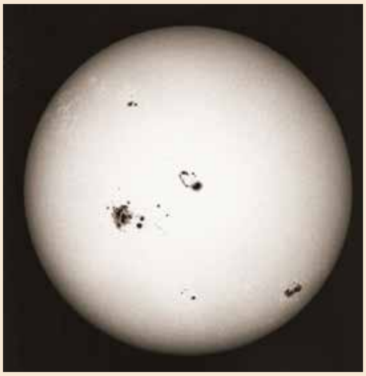
दिन के समय चन्द्रमा को देखना-समझना, आगे चलकर चन्द्रमा की कक्षाओं और चन्द्र-ग्रहणों के बारे में ज़्यादा गहरी समझ वाली गतिविधियाँ करवाने की अच्छी शुरुआत हो सकती है।

सूरज का अवलोकन

सीधे सूरज की ओर देखना आँखों को नुक़सान पहुँचा सकता है। लेकिन हम किसी समतल सतह पर सूरज की छवि डालकर उसका अध्ययन कर सकते हैं। यह करने का एक तरीक़ा 'जादुई दर्पण' के ज़रिए सूरज की छवि देखना है (देखें **गतिविधि शीट-2 : जादुई दर्पण बनाएँ**)। दूसरा तरीक़ा, छवि को 'माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर' के ज़रिए प्रक्षेपित करना है (देखें **गतिविधि शीट-3 : माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर बनाएँ**)। ये आसानी से बनाए जाने वाले उपकरण हैं, जो किसी पिनहोल कैमरा की तरह काम करते हैं (**बॉक्स-2** देखें)।

सूरज की छवि कैसी दिखती है? आप सूरज की छवि दिखाने के लिए एक परदा लगाएँ। इस पर पड़ती रोशनी के चमकदार हिस्से की आकृति की ओर अपने विद्यार्थियों का

बॉक्स-3 : सूरज के धब्बे या सनस्पॉट्स क्या होते हैं?
ये हमें धब्बे जैसे दिख सकते हैं, लेकिन असल में ये सूरज की सतह पर किसी ग्रह जितने बड़े क्षेत्र होते हैं। ऐसे हर सौर-धब्बे का शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र होता है (ऐसे चुम्बकीय क्षेत्रों की ताक़त सूरज के किसी भी अन्य हिस्से से बहुत ज़्यादा होती है, और यह पृथ्वी की चुम्बकीय शक्ति से लगभग 2500 गुना अधिक होती है)। इस क्षेत्र की ताक़त की वजह से नई गर्म गैस सूरज के केन्द्र से उभरकर उसकी सतह पर नहीं आ पाती है। इसका नतीजा यह होता है कि सूरज के धब्बों के ये क्षेत्र अपने आस-पास के हिस्से से ज़्यादा ठण्डे होते हैं और ज़्यादा गहरे रंग के दिखाई देते हैं (**चित्र-4** देखें)। आप सनस्पॉट्स के बारे में इस लिंक पर जाकर और पढ़ सकते हैं : https://annex.exploratorium.edu/sunspots/research2.html



चित्र-4 : गहरे-काले सौर-धब्बों वाला सूरज।

Credits: Hans Bernhard (Schnobby), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sun_with_sunspots.JPG#file. License: CC BY-SA 3.0 DEED.

नासा/सोहो की वेबसाइट (URL: http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/hmi_igr/512/) पर सूरज के हर रोज़ के चित्र को देखते रहें, तो सूरज के धब्बों को देख पाने की सम्भावनाएँ बढ़ जाएँगी। जिस दिन आप इन चित्रों में सौर-धब्बों को साफ़-साफ़ देखें, उस रोज़ सूरज के धब्बों को देखने की गतिविधि की योजना बनाएँ। यह ध्यान रखें कि सूरज के धब्बों को देखने की सम्भावना तब बढ़ जाएगी, जब ये सनस्पॉट काफ़ी बड़े होंगे और आपको सूरज की काफ़ी स्पष्ट छवि मिल सकती है।

ध्यान आकर्षित करते हुए शुरुआत करें (देखें **गतिविधि शीट-4 : जादुई दर्पण से करें सूरज का अध्ययन** और **गतिविधि शीट-5 : माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर से करें सूरज का अध्ययन**)। यह सूरज की छवि है। कभी-कभी इस छवि में आपके विद्यार्थियों को कुछ गहरे-काले धब्बे दिख सकते हैं। ये 'सूरज के धब्बे' यानी 'सनस्पॉट्स' (sunspots) हो सकते हैं (**बॉक्स-3** देखें)।

आपके विद्यार्थी यह सवाल कर सकते हैं कि क्या सूरज की छवि की ऐसी आकृति दर्पण पर लगे वृत्ताकार काग़ज़ के आवरण की वजह से है? यहाँ जादुई दर्पण का इस्तेमाल करके उनकी इस शंका को दूर किया जा सकता है। छवि वृत्ताकार ही रहती है, भले ही इस दर्पण पर लगे आवरण की आकृति कुछ भी हो (वृत्ताकार, त्रिकोणीय, वर्गाकार या सितारेनुमा)। ऐसा इसलिए है क्योंकि वह सूरज की छवि है (**बॉक्स-4** देखें)।

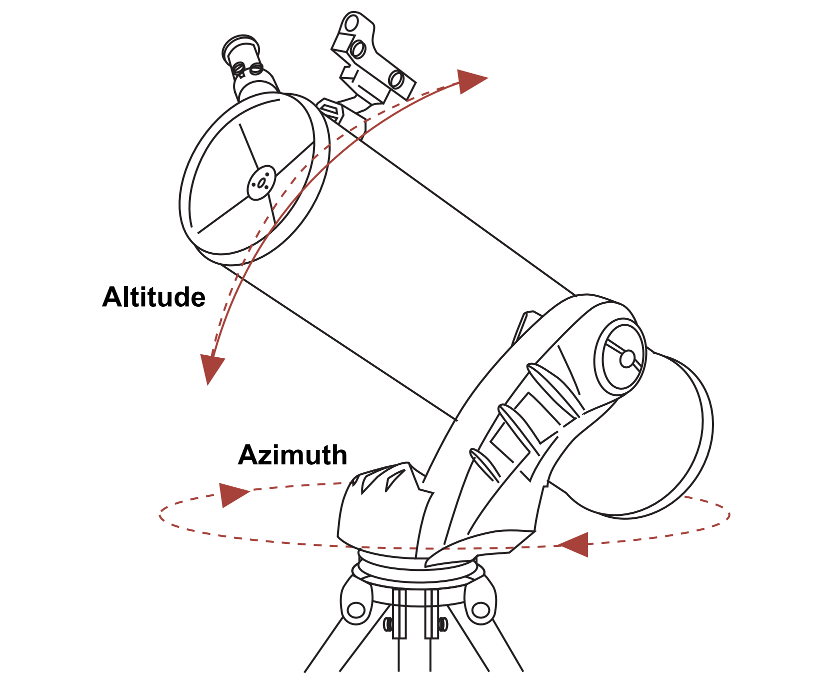
सूरज की अच्छी छवि हासिल कर पाना तीन कारकों पर निर्भर करेगा : (क) आवरण में छेद का आकार; (ख) जिस परदे पर छवि पड़ रही है, उसमें और छवि को उस पर डालने वाले उपकरण (जादुई दर्पण या माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर) के बीच की दूरी; तथा (ग) जिस कमरे में परदा लगा है उसमें कितना अँधेरा है। आवरण में छेद जितना बड़ा होगा, परदे को उतनी ही अधिक दूरी पर लगाना होगा जिससे कि पिनहोल कैमरे वाला प्रभाव मिल पाए। लेकिन, आवरण में छेद जितना बड़ा होगा, इन उपकरणों में लगे दर्पण को उतनी ही ज़्यादा रोशनी मिलेगी। इससे परदे पर बनने वाली छवि आकार में ज़्यादा बड़ी और उजली होगी, लेकिन धुँधली होगी। आप कमरे में जितना ज़्यादा अँधेरा कर पाएँगे (जैसे कि खिड़कियों, रोशनदानों और रोशनी भीतर आने वाली अन्य जगहों को परदों से ढँककर), देखने वालों को उतनी ही साफ़ छवि नज़र आएगी। छवि में अन्तर का पता करने के लिए अपने विद्यार्थियों को आवरणों में अलग-अलग

बॉक्स-4 : हमें कैसे पता चलेगा कि परदे पर जो वृत्ताकार छाया है, वह सूरज की छवि है?

इसे किसी कमरे के अन्दर एक सरल प्रयोग से पुख़्ता तौर पर प्रदर्शित किया जा सकता है। कमरे में गहरा अँधेरा कर दें। केवल एक छोटे-से छेद से रोशनी कमरे में आए और एक साफ़ दीवार पर पड़े। अब अगर कोई व्यक्ति एक चमकदार लैम्प लेकर कमरे के बाहर छेद की ओर रुख़ करके खड़ा हो जाए, तो आप दीवार पर लैम्प की उलटी छवि देख सकते हैं। अगर बाहर खड़ा व्यक्ति लैम्प को हिलाएगा, तो दीवार पर छवि की दिशा और तीव्रता बदलेगी, लेकिन आकृति वही रहेगी। अगर आप उस छेद की आकृति बदलते हैं, जिससे रोशनी कमरे में आ रही है, तब भी लैम्प की आकृति वही रहेगी। जब आप सूरज की छवि हासिल करने के लिए माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर का इस्तेमाल करते हैं, तब भी यही होता है। आसमान में सूरज की स्थिति बदलने से या दर्पण को ढँकने वाले आवरण का आकार बदलने से सूरज की छवि की आकृति नहीं बदलती है।

बॉक्स-5 : 'अल्टाज़िमथ माउंट' क्या है?

यह एक सरल आलम्बन (माउंट) है, जिसका इस्तेमाल उपकरणों को टिकाने और घुमाने के लिए किया जाता है। उदाहरण के लिए, भूमि पर स्थापित दूरबीनों (ground-based telescopes) को दो धुरियों – (क) ऊँचाई के लिए नीचे-ऊपर की धुरी (ऊर्ध्वाधर उन्नतांश अक्ष – vertical altitude axis), और (ख) क्षैतिज दिगंश धुरी (horizontal azimuth axis) – पर घुमाने में इसका उपयोग होता है (**चित्र-5** देखें)।



चित्र-5 : 'अल्टाज़िमथ माउंट' का एक उदाहरण।
Credits: Adapted from BBC Sky At Night Magazine's: 'What's the difference between an equatorial mount and an altazimuth mount?' authored by Ninian Boyle. URL: https://www.skyatnightmagazine.com/advice/difference-equatorial-altazimuth-mount.

बॉल प्रोजेक्टर को बनाने में इसका इस्तेमाल करने से विद्यार्थियों को दो तरह की वृत्ताकार गति करने की सहूलियत मिलती है – ऊपर व नीचे और दाएँ व बाएँ। एक ही माउंट पर दोनों तरह की गति करने की सुविधा मिलने से उपकरणों के पूरे ताम-झाम को इधर-उधर किए बग़ैर विद्यार्थी आसमान में, मनचाही दिशा में सूरज का अवलोकन कर सकते हैं या क्षितिज के ऊपर दूरबीन को किसी भी ओर घुमा सकते हैं।

आकार के छेद करके, परदे और उपकरणों के बीच दूरी को घटा-बढ़ाकर, और कमरे के अँधेरे को कम-ज़्यादा करते हुए प्रयोग करने दें। उन्हें प्रोत्साहित करें कि वे इन प्रयोगों के अवलोकनों से स्वयं यह पहचानें कि इन तीनों कारकों में बदलाव और छवि की स्पष्टता के बीच क्या रिश्ता है। यह अभ्यास उन्हें 'पिनहोल प्रोजेक्शन' की समझ बनाने में मददगार होगा। पूरी तरह अँधेरे कमरे में, दर्पण के आवरण में क़रीब 2 सेमी व्यास का छेद हो और उससे 30 मीटर दूर परदा लगा हो तो सबसे साफ़ और स्पष्ट छवि दिखाई देती है।

अँधेरा कमरा किसी डेटा संग्रहण कक्ष की तरह काम कर सकता है। जिस दीवार पर सूरज की छवि प्रक्षेपित की जा रही हो, उस पर काग़ज़ की कुछ शीट लगाएँ। अपने विद्यार्थियों को प्रोत्साहित करें कि वे कुछ दिनों तक इनका इस्तेमाल करते हुए सूरज की स्थिति और चाल का पता लगाएँ और उसकी निशानदेही करें। इस प्रक्रिया का इस्तेमाल करके उन्हें सूरज की रोज़ाना की, और अलग-अलग मौसमों में बदलती चाल से परिचित करवाया जा सकता है। इस सन्दर्भ में माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर के कुछ फ़ायदे हैं। इसका इस्तेमाल करने पर, सारे समय प्रोजेक्टर से परदे तक का मार्ग भूमि के लगभग समानान्तर ही रहेगा, फिर चाहे आसमान में सूरज की स्थिति कुछ भी हो। यह इस प्रोजेक्टर को अध्ययन के लिहाज़ से बहुत सुविधाजनक बनाता है। रिंग पर एक वज़नी और नीचे की ओर भार डालती गेंद रखने से प्रोजेक्टर ज़्यादा स्थिर हो जाता है। इससे परदे पर बनने वाली छवि की स्पष्टता बढ़ जाती है। इस उपकरण को अलग-अलग तरह से सूरज की दिशा में करने पर विद्यार्थियों को उस उपकरण के साथ काम करने का अनुभव मिल सकता है, जिसे खगोलशास्त्री 'अल्टाज़िमथ माउंट' (या, 'अल्ट-अज़' माउंट्स) (Atazimuth or Alt-Az mounts) कहते हैं (**बॉक्स-5** देखें)।

चलते-चलते

खगोलविज्ञान, ऐसे खगोलीय पिण्डों का अध्ययन करने का मज़ेदार तरीक़ा है जो हमसे बहुत बड़े हैं, और बहुत दूर हैं, लेकिन वे भौतिकशास्त्र के नियमों के मुताबिक़ हैं जैसा कि हम उन्हें पृथ्वी पर समझते हैं। स्व-निर्मित उपकरणों के साथ दिन के समय खगोलविज्ञान के ज़रिए हम स्कूल के वक़्त में ही इन खगोलीय पिण्डों के अध्ययन से विद्यार्थियों का परिचय करवा सकते हैं। विद्यार्थी जब अपने उपकरण ख़ुद ही बनाएँगे, उनका इस्तेमाल करेंगे और ख़ुद अवलोकन करेंगे, तो वे स्कूल की पाठ्यचर्या से जुड़ी अवधारणाओं के बारे में ज़्यादा स्पष्ट और मज़बूत समझ बना पाएँगे।

मुख्य बिन्दु

- स्कूल के समय में ही विद्यार्थी सरल गतिविधियों और स्व-निर्मित उपकरणों के ज़रिए खगोलविज्ञान को जान-समझ सकते हैं।
- दिन के समय दिखने वाले चन्द्रमा को ढूँढ़ना और उसकी स्थिति को पन्द्रह दिन तक रोज़ाना दर्ज करना, विद्यार्थियों के लिए चन्द्रमा की कलाओं का पता लगाने में और पृथ्वी के सापेक्ष उसकी चाल का पता लगाने में मददगार हो सकता है।
- सूरज की छवि को किसी परदे पर प्रक्षेपित करना और इसकी चाल पर नज़र रखना विद्यार्थियों को सूरज के सापेक्ष हमारी स्थिति में रोज़ाना के परिवर्तन और मौसमी बदलावों को समझने में सहायक हो सकता है।
- सूरज को देखने के लिए 'जादुई दर्पण' और 'माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर' बनाना तथा उनका इस्तेमाल करना विद्यार्थियों को उन उपकरणों का अहसास करवा सकता है, जिनका उपयोग खगोलशास्त्री आकाशीय पिण्डों के अध्ययन के लिए करते हैं।

आभार : नवनिर्मिति लर्निंग फ़ाउंडेशन ने 'सोलर मैक्सिमम' (2000) के समय 'नवनिर्मिति के सनट्रैक' के दौरान 'जादुई दर्पण' की और 'ट्राँज़िट ऑफ़ वीनस कैम्पेन' (2004) के दौरान 'माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर' की रूपरेखा बनाई और इनका विकास किया। ये दोनों और दिन के समय के खगोलविज्ञान के ऐसे ही कई प्रयोग नवनिर्मिति की वेबसाईट पर मौजूद हैं : www.navnirmitilearning.org। इन गतिविधियों का प्रदर्शन नवनिर्मिति यूट्यूब चैनल पर देखा जा सकता है। 'विज्ञान प्रसार' ने नवनिर्मिति लर्निंग फ़ाउंडेशन और भारत ज्ञान विज्ञान समिति, कर्नाटक के सहयोग से इन वीडियो का निर्माण किया है। मैं इस विषयवस्तु पर चर्चाओं के लिए नवनिर्मिति लर्निंग फ़ाउंडेशन के प्रमुख डिज़ाइनरों, विवेक मॉन्टेरिओ और गीता महाशब्दे, का शुक्रिया अदा करना चाहती हूँ।

टिप्पणियाँ :

1. यह लेख सबसे पहले *आई वंडर...*, जून 2016, पृष्ठ 77-82 (अँग्रेज़ी) में प्रकाशित हुआ था। मूल लेख के लिए इस लिंक पर जाएँ : https://publications.azimpremjiuniversity.edu.in/1257/। इसका हिन्दी अनुवाद इस लिंक से प्राप्त किया जा सकता है - https://anuvadasampada.azimpremjiuniversity.edu.in/264/ यहाँ प्रकाशित लेख उक्त संस्करण का, समीक्षा के बाद, स्कूल शिक्षकों को ध्यान में रखकर संशोधित किया गया रूप है। इसमें नई सामग्री के साथ ही पाँच गतिविधि शीट जोड़ी गई हैं।

2. Source for the image used in the background of the article title: Sun vs Moon. Credits: Dino Abatzidis, Flickr. URL: https://www.flickr.com/photos/atomicshark/727649411. License: CC-BY-NC-SA 2.0 DEED

Additional resources:

1. One example of a lunar calender: https://stardate.org/nightsky/moon.
2. More information on safe viewing: Suraj Zameen Part 13: Safe Viewing. URL: https://www.youtube. com/watch?v=-Xdy5TOi2E4.
3. More information on pinhole cameras: Suraj Zameen Part 2: Pin Hole. URL: https://www.youtube.com/watch?v=H0ythHRZsXc.
4. More information on solar ball projectors: Ball Mirror. URL: https://www.youtube.com/watch?v=6vK5hZaO0l0.
5. More information on magic mirrors here: Suraj Zameen Part 3: Magic Mirror. URL: www.youtube.com/watch?v=oLMyv0zZavA.

References:

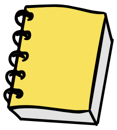
1. Young M (1972). 'Pinhole Imagery'. American Journal of Physics, 40 (5), 715-720.
2. Monteiro V (2004). 'Measuring the Universe with a String and a Stone'. Navnirmiti. URL: https://navnirmitilearning.org/wp-content/uploads/2021/07/Measuring-the-Universe-With-a-String-and-a-Stone-%E2%80%93-Transit-of-Venus-Experiment-2004.pdf.
3. Monteiro V (2008). 'Sun-Earth experiments: Activity Cards for Day Time Astronomy'. Navnirmiti. URL: https://navnirmitilearning.org/wp-content/uploads/2021/07/Sun-Earth-Experiments-Activity-Cards-for-Day-Time-Astronomy.pdf.
4. Nilsson T H (1986). 'Pinhead Mirror: A Previously Undiscovered Imaging Device?'. Applied Optics, 25 (17), 2863-2864.
5. Nityananda R (2021). 'Observing Light: Shadows and Reflections'. i wonder... (6), 46-50.

प्रज्वल शास्त्री खगोलभौतिकी वैज्ञानिक हैं। शोध से जुड़ी उनकी मुख्य रुचि अतिविशाल ब्लैक होल की अनुभवजन्य पड़ताल में है। वह वैज्ञानिक सोच को विकसित करने की आवश्यकता को समझती हैं और ब्रह्माण्ड के प्रति अपने आकर्षण को सभी आयु वर्ग के व्यक्तियों के साथ साझा करने के लिए खगोलभौतिकी का उपयोग करती हैं। जब यह लेख पहली बार प्रकाशित हुआ था, तब प्रज्वल भारतीय खगोलभौतिकी संस्थान (Indian Institute of Astrophysics – IIA), बेंगलूरु के साथ काम कर रही थीं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर** : प्रतिका गुप्ता

विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि शीट-1 : दिन के समय का चन्द्रमा ढूंढ़ें

आवश्यक सामग्री :  अवलोकनों को दर्ज करने के लिए एक नोटबुक

गतिविधि के लिए उपयुक्त आसमान :

आपको बाहर खुले में काफ़ी हद तक साफ़ आसमान के नीचे जाना होगा। आसमान का काफ़ी हिस्सा और हमारे सूरज व चन्द्रमा, पूरे समय न सही, लेकिन कुछ-कुछ वक़्त के लिए तो दिखते रहने चाहिए।

अवलोकन करें और पता लगाएँ :

- दिन के समय के आसमान में चन्द्रमा।
- चन्द्रमा की आकृति कैसी है? अपनी लॉग-बुक में अवलोकन की तारीख़ और समय के साथ चन्द्रमा का रफ़ चित्र दर्ज कर लें।
- चन्द्रमा की आकृति का रुख़ उसके ठीक नीचे के क्षितिज (horizon) या धरती व आकाश के मिलन की रेखा (दिगंत – skyline) के सम्बन्ध में किस ओर है?
- आसमान में सूरज के सापेक्ष चन्द्रमा कहाँ मौजूद है? (उदाहरण के लिए, क्या चन्द्रमा सूरज के दक्षिण-पूर्व में है या उत्तर-पश्चिम में है?)
- अपनी बाँहें सीधी करके एक बाँह सूरज की तरफ़ और दूसरी बाँह चन्द्रमा की ओर करें। आपकी बाँहें लगभग कितना कोण बना रही हैं?

अवलोकन स्थल	रिकॉर्ड 1	रिकॉर्ड 2	रिकॉर्ड 3	रिकॉर्ड 4	रिकॉर्ड 5
तारीख़					
समय					
आसमान का हाल					
चन्द्रमा की आकृति					
क्षितिज के सम्बन्ध में चन्द्रमा की आकृति का रुख़					
सूरज के सापेक्ष चन्द्रमा कहाँ मौजूद है					
चन्द्रमा और सूरज के बीच का कोण					

इन अवलोकनों को दोहराएँ :

- उसी दिन हर 30-60 मिनट के बाद दोहराएँ।
- आने वाले दिनों में दोहराएँ।

पता लगाएँ और चर्चा करें :

चन्द्रमा की कक्षा (lunar orbit, यानी चन्द्रमा द्वारा पृथ्वी की परिक्रमा के रास्ते) के बारे में सोचें। पिछले कुछ दिनों में आपने चन्द्रमा में जो बदलाव होते देखे हैं, क्या चन्द्रमा की कक्षा उनकी व्याख्या कर सकती है?

i wonder... Rediscovering school science

रचनाकार :
प्रज्वल शास्त्री खगोलभौतिकी वैज्ञानिक हैं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता

Azim Premji University

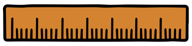
विज्ञान प्रयोगशाला
गतिविधि शीट-2 : जादुई दर्पण बनाएँ

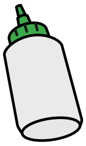
आवश्यक सामग्री :

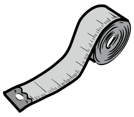
क़रीब 3 सेमी x 3 सेमी का एक वर्गाकार दर्पण

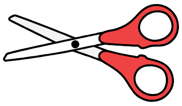
क़रीब 15 सेमी x 15 सेमी का मोटा काला काग़ज़

एक वृत्ताकार सिक्का


एक छोटा पैमाना


चिपकाने के लिए गोंद


मापने का फ़ीता


एक क़ैंची

अब बनाएँ :

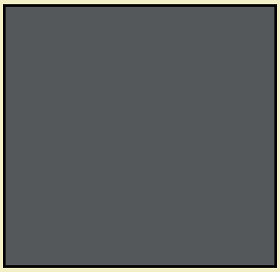
1. काले काग़ज़ के चारों कोनों से 5 सेमी x 5 सेमी आकार का एक वर्गाकार टुकड़ा काटें। ध्यान दें कि आपको काग़ज़ के किनारों के समानान्तर काटना है। इस तरह काटने पर काग़ज़ बड़े ‘प्लस’ (+) के निशान जैसा बन जाएगा। प्लस की भुजाओं की आकृति लगभग वर्गाकार होगी।
2. इस प्लस के निशान जैसे काग़ज़ की हर वर्गाकार भुजा पर एक ज्यामितीय आकृति बनाएँ। ध्यान रखें कि इनमें से हर आकृति दर्पण के आकार से छोटे आकार की होनी चाहिए। इन सभी आकृतियों को काटकर निकाल लें। उदाहरण के लिए :
   - i प्लस की ऊपरी भुजा में एक वर्ग काटें
   - i बाईं भुजा पर सिक्के से वृत्त बनाएँ और उसे काटें
   - ii दाईं भुजा में सितारे की आकृति काटें
   - iii निचली भुजा में समबाहु त्रिभुज काटें
3. प्लस आकार के काग़ज़ के ठीक बीच में, गोंद का इस्तेमाल करके दर्पण को चिपका दें।
4. हर वर्गाकार भुजा को मोड़कर दर्पण के ऊपर रखा जा सकता है। बारी-बारी से हर भुजा के साथ ऐसा करके देखें। आप देखें कि कैसे ये आकृतियाँ अलग-अलग आकृतियों के आवरण की तरह काम करती हैं। लीजिए, आपका जादुई दर्पण इस्तेमाल के लिए तैयार है!

i wonder... Rediscovering school science

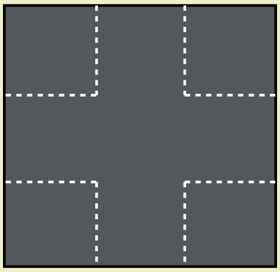
रचनाकार :
प्रज्वल शास्त्री खगोलभौतिकी वैज्ञानिक हैं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता

Azim Premji University

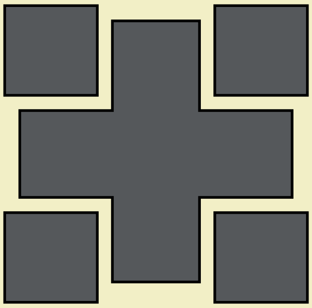
जादुई दर्पण को बनाना चित्रों से समझें



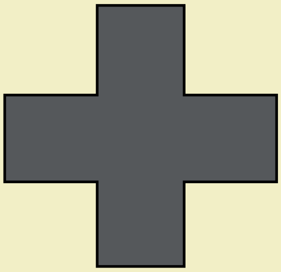
1. काले काग़ज़ का वर्गाकार टुकड़ा लें।



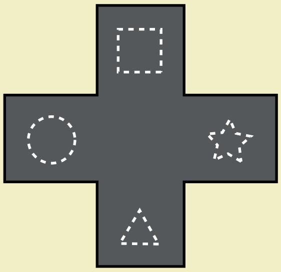
2. काग़ज़ के चारों कोनों पर बराबर माप के चार चौरस बनाएँ।



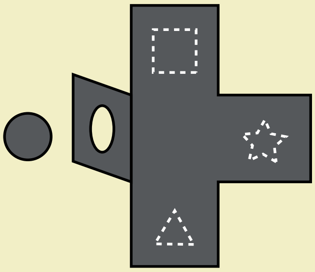
3. चारों कोनों से चारों चौरस काटकर हटा दें।



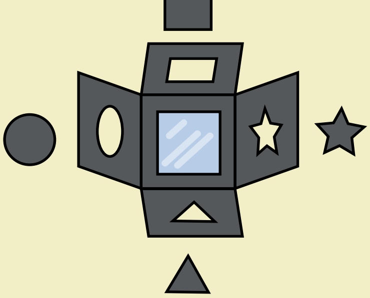
4. आपके पास 'प्लस' आकार का काग़ज़ रह जाएगा।



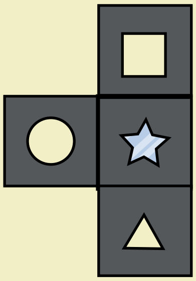
5. प्लस आकार के इस काग़ज़ की हर भुजा पर चार अलग-अलग आकृतियाँ बनाएँ।



6. प्लस की भुजाओं पर बनी इन चारों आकृतियों को काट लें। हर एक भुजा एक आवरण की तरह काम देगी।



7. वर्गाकार दर्पण को प्लस आकार के काग़ज़ के ठीक बीच में लगा दें।

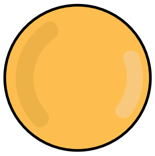


8. चारों आवरणों को बारी-बारी से दर्पण के ऊपर मोड़कर रखकर देखें। अब दर्पण, काटी गई हर एक आकृति के पार दिखेगा।

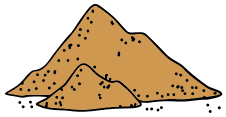
विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि शीट-3 : माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर बनाएँ

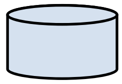
आवश्यक सामग्री :



प्लास्टिक के खिलौने वाली मध्यम आकार की एक कड़क गेंद



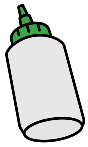
गेंद में भरने के लिए कुछ रेत



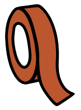
चिपकाने वाली टेप के इस्तेमाल होने के बाद बचा छल्ला, या खेलने वाली रिंग, या टिकाकर रखने लायक़ चपटे पेंदे वाला बिना ढक्कन का बेलनाकार डिब्बा (जिसका व्यास गेंद से लगभग आधा होना चाहिए)

क़रीब 3 सेमी x 3 सेमी साइज़ का एक छोटा दर्पण

काँच से कुछ बड़ा सख़्त काग़ज़ का एक टुकड़ा



गोंद



चिपकाने वाली टेप

एक वृत्ताकार सिक्का

एक पेपर-कटर

प्रोजेक्टर ऐसे बनाएँ :

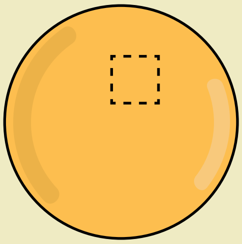
1. खिलौने वाली प्लास्टिक की गेंद पर 2.5 सेमी x 2.5 सेमी आकार का वर्ग बनाएँ।
2. पेपर-कटर से इस वर्ग की तीन भुजाएँ काटें, जिससे कि एक वर्गाकार पल्ला बन जाए।
3. इस छेद में से गेंद में रेत भरें। गेंद को आधे से कुछ अधिक भर दें। इससे गेंद नीचे की ओर दबी रहेगी।
4. छेद का पल्ला बन्द कर दें और टेप से चिपका दें।
5. गेंद को छल्ले पर इस तरह से रखें कि आप इसे छल्ले पर चारों ओर आसानी से घुमा सकें, लेकिन जब इसे छोड़ दें तब यह अपनी जगह पर मज़बूती से बनी रहे।
6. सख़्त काग़ज़ के ठीक बीच में सिक्के को रखकर क़रीब 2 सेमी व्यास का वृत्त बनाएँ।
7. पेपर-कटर से इस वृत्त में से काग़ज़ काटकर निकाल लें। बचेगा बीच में छेद वाला कार्ड-पेपर।
8. कार्ड-पेपर पर गोंद से दर्पण को इस तरह चिपकाएँ कि काग़ज़ का वृत्ताकार छेद दर्पण के लगभग बीच में रहे। यह काम सफ़ाई से इस तरह करें कि कार्ड-पेपर के वृत्ताकार छेद से दिखने वाले दर्पण के हिस्से की प्रतिबिम्बित करने वाली सतह पर ज़रा-सा भी गोंद न लगे।
9. चिपकाने वाली टेप का इस्तेमाल करके 'आवरण वाले' दर्पण को गेंद पर अच्छी तरह से चिपका दें। ध्यान रखें कि टेप का ज़रा भी हिस्सा दर्पण के बिना आवरण वाले हिस्से की प्रतिबिम्बित करने वाली सतह को न ढँके। लीजिए, आपका 'माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर' तैयार है!

i wonder... Rediscovering school science

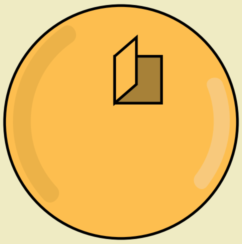
रचनाकार :
प्रज्वल शास्त्री खगोलभौतिकी वैज्ञानिक हैं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता

Azim Premji University

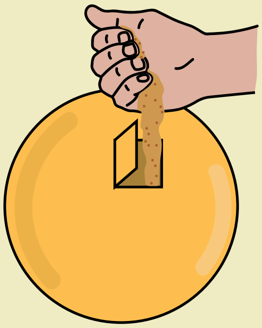
माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर को बनाना चित्रों से समझें



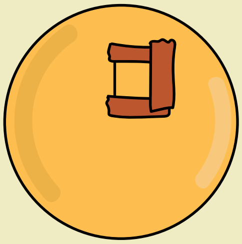
1. प्लास्टिक की गेंद पर एक वर्ग बनाएँ।



2. वर्ग की तीन भुजा काटकर एक पल्ला बना दें।

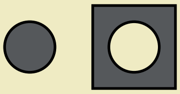


3. पल्ले को उठाकर गेंद में रेत भर दें।

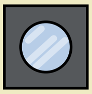


4. पल्ले को बन्द करके टेप से चिपका दें।

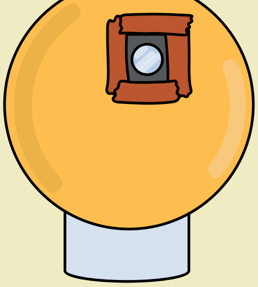
5. एक वर्गाकार काले काग़ज़ पर सिक्का रखकर वृत्त बना लें।



6. पेपर-कटर से काग़ज़ का वह वृत्ताकार हिस्सा काटकर अलग कर लें।



7. काले काग़ज़ पर गोंद से दर्पण को चिपका दें।

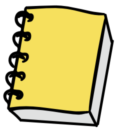


8. इस 'आवरण वाले' दर्पण को टेप से गेंद पर चिपका दें।

विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि शीट-4 : जादुई दर्पण से करें सूरज का अध्ययन

आवश्यक सामग्री :



अवलोकन दर्ज करने के लिए एक नोटबुक

गतिविधि के लिए उपयुक्त आसमान :

आपको बाहर खुले में ऐसी जगह जाना होगा, जहाँ आप आसमान के ज़्यादातर हिस्से को किसी रुकावट के बिना देख पाएँ। आसमान साफ़ हो और सूरज, पूरे समय न भी सही, लेकिन कुछ-कुछ वक़्त के लिए तो दिखता रहना चाहिए।

क्या करें?

1. जादुई दर्पण को बाहर ऐसी जगह ले जाएँ जहाँ सूरज दिख रहा हो।
2. सूरज को दर्पण के दायरे में लेने के लिए दर्पण उठाएँ। क़रीब एक मीटर दूर किसी सतह पर सूरज की रोशनी का एक चमकदार हिस्सा प्रतिबिम्बित करने के लिए दर्पण की स्थिति और झुकाव के साथ आज़माइश करें। यह सतह दीवार हो सकती है, या कोई काग़ज़ की शीट हो सकती है जिसे कोई दोस्त पकड़कर रखे। किसी के पहने हुए कपड़े को भी सतह की तरह उपयोग किया जा सकता है। अगर आप रोशनी को किसी के कपड़े पर प्रतिबिम्बित कर रहे हैं तो यह सुनिश्चित करें कि दर्पण की ओर उस व्यक्ति की पीठ हो। यह सावधानी इसलिए आवश्यक है ताकि सूरज उसकी आँखों में प्रतिबिम्बित होकर आँखों को नुक़सान न पहुँचा दे।
3. वर्गाकार आवरण को मोड़कर दर्पण के ऊपर लाएँ। देखें कि सूरज की रोशनी के प्रतिबिम्बित चमकदार हिस्से की आकृति पर इससे क्या फ़र्क़ पड़ा है।
4. अब, दर्पण और प्रतिबिम्ब की सतह में दूरी बढ़ाकर 8-10 मीटर कर दें। अब देखें कि सूरज की रोशनी के प्रतिबिम्बित चमकदार हिस्से की आकृति पर दूरी बढ़ने का क्या असर हुआ है।
5. वर्गाकार आवरण को हटाएँ और किसी दूसरी आकृति वाले आवरण को दर्पण पर रखें। इस आकृति के साथ भी ऊपर दिए गए चरण 3 व 4 दोहराएँ। बाक़ी सभी आकृतियों के आवरणों के साथ भी यही प्रयोग आज़माएँ।

किस सतह से प्रतिबिम्बित कर रहे हैं?	प्रतिबिम्बित चमकदार हिस्सा कैसा दिखता है?
दर्पण से	
वर्गाकार आवरण से ढँके दर्पण से	
वृत्ताकार आवरण से ढँके दर्पण से	
सितारे की आकृति के आवरण से ढँके दर्पण से	
त्रिभुज की आकृति के आवरण से ढँके दर्पण से	
त्रिभुज की आकृति के आवरण से ढँके दर्पण से, जिसकी दूरी प्रतिबिम्ब की सतह से बढ़ाई गई हो	

विचार करें :

- अलग-अलग आवरणों से देखने पर, या प्रतिबिम्ब की सतह से अलग-अलग दूरियों पर, क्या आपको सूरज की रोशनी के प्रतिबिम्बित चमकदार हिस्से के आकार में बदलाव का कोई पैटर्न दिखा? अगर हाँ, तो आप इस पैटर्न को किस तरह समझाएँगे?
- चलिए, यह मान लेते हैं कि आप जिस प्रतिबिम्बित चमकदार हिस्से को देख रहे हैं वह सूरज की छवि है। आप कैसे तय करेंगे कि ऐसा मानना सही है?

i wonder... Rediscovering school science

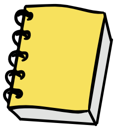
रचनाकार :
प्रज्वल शास्त्री खगोलभौतिकी वैज्ञानिक हैं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।
अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता

Azim Premji University

विज्ञान प्रयोगशाला

गतिविधि शीट-5 : माउंटेड सोलर बॉल प्रोजेक्टर से करें सूरज का अध्ययन

आवश्यक सामग्री :



अवलोकन दर्ज करने के लिए एक नोटबुक

गतिविधि के लिए उपयुक्त आसमान :

आसमान साफ़ हो और सूरज, पूरे समय न भी सही लेकिन, कुछ-कुछ वक़्त के लिए तो दिखता रहना चाहिए।

अवलोकन की जगह :

- *बाहर खुले मैदान में किसी समतल जगह पर सोलर बॉल प्रोजेक्टर को अपने माउंट पर रखें।*
- *हमें सूरज को प्रोजेक्टर के दायरे में लाना है, और दीवार या परदे जैसी किसी खड़ी सतह पर सूरज की छवि प्रतिबिम्बित करनी है। इसके लिए बॉल को घुमाते हुए दर्पण को सूरज की ओर करने की आज़माइश करें।*

अवलोकन करें और दर्ज करें :

- *आप जब प्रोजेक्टर व प्रतिबिम्बित छवि के बीच की दूरी को बदलते हैं तो छवि में किस तरह का बदलाव होता है?*
- *प्रोजेक्टर को कुछ मिनट के लिए एक ही जगह पर बिना हिलाए रहने दें। सूरज की छवि किस दिशा की ओर बढ़ती है (दाएँ-बाएँ, ऊपर-नीचे, या पूर्व-पश्चिम)?*
- *प्रोजेक्टर को कुछ इस तरह जमाएँ कि सूरज की छवि, किसी दरवाज़े से या बिना जाली व सलाख़ों वाली खिड़की से होकर, कमरे की दीवार पर प्रक्षेपित हो। सूरज की छवि और उसके आस-पास के हिस्से के बीच कॉण्ट्रास्ट (contrast) कैसे बदलता है? यह कॉण्ट्रास्ट तब कैसा होता है जब खिड़कियों, रोशनदानों, और ऐसे अन्य सुराखों को काले परदों से ढँककर कमरे में और अँधेरा कर दिया जाता है?*
- *प्रोजेक्टर को उसी जगह छोड़ दें। दिन के अलग-अलग समय और अलग-अलग रोज़ सूरज की छवि का अवलोकन करें। क्या आपको सूरज की छवि में कोई अन्तर दिखाई देता है? आप सूरज की स्थिति किस तरह से बदलती हुई पाते हैं? जिस सतह पर छवि को प्रतिबिम्बित कर रहे हैं, उस पर हलके रंग के काग़ज़ की एक बड़ी शीट लगा दें। इस शीट पर सूरज की छवि की स्थिति में बदलाव की निशानदेही करें।*
- *क्या आपको सूरज की छवि के भीतर गहरे धब्बे दिखते हैं? क्या समय के साथ उनकी स्थिति बदलती है (यानी, छवि के छोर से मिलाने पर क्या उनकी स्थिति बदलती है)?*

सोचें और चर्चा करें :

- *चलिए, यह मान लेते हैं कि इस सीधी सतह पर जो प्रतिबिम्बित चमकदार हिस्सा है वह सूरज की छवि है। क्या आपके अवलोकन इस मान्यता को साबित करते हैं? कैसे?*

i wonder... Rediscovering school science

रचनाकार :

प्रज्वल शास्त्री खगोलभौतिकी वैज्ञानिक हैं। उनसे prajval.shastri@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : हिमालय तहसीन **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** प्रतिका गुप्ता

Azim Premji University