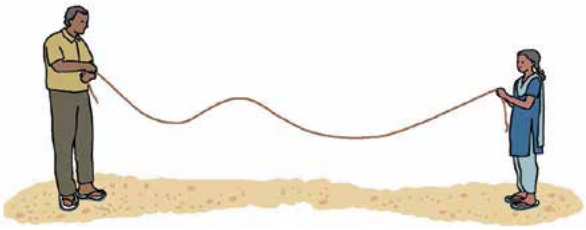
शिक्षक मार्गदर्शिका : ध्वनि और प्रकाश को तरंगों के रूप में देखना और उनकी गति की तुलना करना

तड़ित (बोलचाल की भाषा में इसे 'बिजली' या 'आकाशीय बिजली' कहा जाता है) की चमक और गर्जना डर, विस्मय, उत्साह और रहस्य जैसी प्रबल भावनाएँ जगाती है। स्वाभाविक रूप से विद्यार्थी इन प्राकृतिक घटनाओं को लेकर जिज्ञासु होते हैं जो इतनी नाटकीय और आकर्षित करने वाली होती हैं। उनके मन में कई तरह के सवाल होते हैं जैसे कि ये दोनों (तड़ित का चमकना और गर्जना) आपस में कैसे जुड़े हैं। सौरभ डेका और अनुराग तिवारी अपने लेख 'गरज और तड़ित का क्या सम्बन्ध है?' में इस बारे में पड़ताल करते हैं। इस लेख में वे बताते हैं कि किस तरह हम गर्जना की आवाज़ द्वारा अपने स्थान से तड़ित चमकने के स्थान की दूरी का अनुमान लगा सकते हैं। विद्यार्थी इसे और बेहतर ढंग से समझ पाएँगे यदि हम इसमें उनकी मदद करें :

(क) ध्वनि और प्रकाश की तरंगों के रूप में कल्पना करना

- **चर्चा :** हम विद्यार्थियों से यह पूछकर शुरू कर सकते हैं कि जब वे किसी तालाब या पानी के ऐसे ही किसी अन्य स्रोत में कंकड़ फेंकते हैं तो उन्हें क्या दिखाई देता है। कुछ विद्यार्थियों से उनके अनुभव साझा करने के लिए कहें। आप उनके अवलोकनों का सार छोटे-छोटे वाक्यांशों और शब्दों में बोर्ड पर लिख सकते हैं। यह सम्भव है कि विद्यार्थियों ने देखा होगा कि कैसे कंकड़ पानी की सतह पर तरंगें या लहरें उत्पन्न करता है। पूरी कक्षा का ध्यान इस बात की ओर आकर्षित करें कि हालाँकि ये तरंगें उस बिन्दु पर उत्पन्न होती हैं जहाँ कंकड़ पानी की सतह से टकराता है पर यह तरंगें एक गोलाकार पैटर्न में सभी दिशाओं में फैलती जाती हैं। यह दोहराएँ कि तरंगें हमेशा अपने स्रोत से दूर जाती हैं।



- **प्रदर्शन :** यह दिखाने के लिए कि तरंगों की गति अलग-अलग हो सकती है, दो लम्बी रस्सियों का इस्तेमाल करें जो कक्षा के एक सिरे से दूसरे सिरे तक पहुँच सकें। किसी विद्यार्थी को एक सिरा पकड़ने को कहें। दूसरा सिरा आप पकड़ें। रस्सी के दूसरे सिरे को इतना ढीला रखें कि वह झूलती रहे। अब सिरे को एक बार ऊपर-नीचे करें ताकि एक तरंग बने और विद्यार्थी के सिरे तक पहुँचे। अब, रस्सी को कुछ तानकर पकड़ें और यही क्रिया दोहराएँ। विद्यार्थी देखेंगे कि दूसरी बार बनी तरंग पहली बार की तुलना में स्पष्ट रूप से तेज़ गति से चलती है। यदि यह अन्दर कक्षा में करना मुश्किल हो, तो इसे खुले मैदान या खेल के मैदान में किया जा सकता है। दोहराएँ कि तरंग अपने बनने के स्थान से दूर की ओर बढ़ती है और तरंगों की गति अलग-अलग हो सकती है। **सुझाव :** यदि ऐसी दो रस्सियाँ उपलब्ध हों, तो उन्हें एक-दूसरे के समानान्तर पकड़ा जा सकता है। उनमें से एक को दूसरी की तुलना में ज़्यादा तानकर रखा जा सकता है। दोनों रस्सियों में एक साथ तरंग पैदा की जा सकती है। इससे दोनों तरंगों की गति में अन्तर को पकड़ पाना आसान हो सकता है।
- **सारांश :** हम इस बात से शुरू कर सकते हैं कि ध्वनि और प्रकाश दोनों ही तरंगें हैं, हालाँकि इन तरंगों को हम उस तरह नहीं देख सकते जैसे हम पानी की सतह पर बनने वाली तरंगों को या रस्सी को ऊपर-नीचे

हिलाने से बनने वाली तरंगों को देख सकते हैं। **सुझाव :** (i) हालाँकि प्रकाश में तरंगों और कणों दोनों के ही गुण होते हैं, लेकिन हमारे रोज़मर्रा के अनुभवों में इसकी तरंग प्रकृति अधिक स्पष्ट होती है। प्रकाश का अपवर्तन (Refraction), विवर्तन (Diffraction) और व्यतिकरण (Interference) जैसी घटनाएँ तरंगों के गुणों को दर्शाती हैं। प्रकाश की कण प्रकृति केवल बहुत विशेष परिस्थितियों में ही देखी जाती है। इसलिए इस चर्चा में प्रकाश की कण प्रकृति को शामिल करने की ज़रूरत नहीं है। (ii) ध्वनि प्रकाश से एक अलग तरह की तरंग है। विद्यार्थी उच्च कक्षाओं में इस अन्तर के बारे में विस्तार से पढ़ेंगे। जो शिक्षक इस विषय पर और खोज-बीन करना चाहते हैं, वे ध्वनि के इस मॉड्यूल को इस लिंक पर देख सकते हैं : URL: https://clixplatform.tiss. edu/sound/course/content/

(ख) प्रकाश और ध्वनि की गति की तुलना

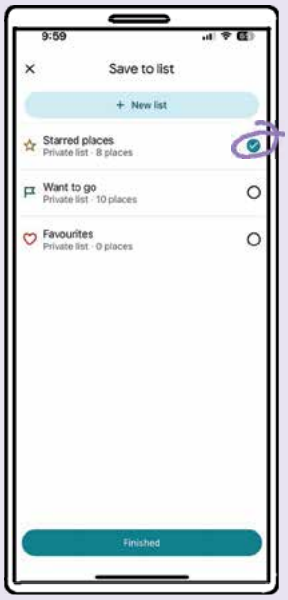
- **चर्चा :** हम विद्यार्थियों को यह बताकर शुरू कर सकते हैं कि ध्वनि तरंगों की तुलना में प्रकाश तरंगें बहुत तेज़ गति से चलती हैं। इसीलिए, जब तड़ित में प्रकाश और ध्वनि तरंगें उत्पन्न होती हैं, तो हमें पहले उसकी चमक दिखाई देती है और फिर गड़गड़ाहट सुनाई देती है। हम विद्यार्थियों से सवाल कर सकते हैं कि क्या वे अपने रोज़मर्रा की ज़िन्दगी के ऐसे अन्य अनुभवों को बता सकते हैं। यदि उन्हें संकेतों की ज़रूरत हो तो हम उदाहरण के लिए पूछ सकते हैं : क्या उन्होंने दूर से (हवा में या ज़मीन पर) कोई पटाखा फूटते हुए देखा है? क्या उसका प्रकाश और धुआँ उसी समय दिखाई देता है, जब उसकी आवाज़ सुनाई देती है? या, हम पूछ सकते हैं कि क्या उन्होंने कभी दूर से किसी विद्युत ट्रांसफ़ार्मर को फटते हुए देखा है? क्या वहाँ हमें पहले चिंगारी और धुआँ दिखाई देता है और आवाज़ बाद में सुनाई देती है? विद्यार्थियों को बताएँ कि पिछली तीन-चार शताब्दियों से लोग ध्वनि और प्रकाश की गति का अनुमान लगाने और मापने पर काम कर रहे हैं। उन्होंने पाया है कि प्रकाश की गति अत्यधिक तेज़ है; लगभग 3 लाख किलोमीटर प्रति सेकंड, जबकि ध्वनि की गति केवल 340 मीटर प्रति सेकंड (लगभग एक तिहाई किलोमीटर प्रति सेकंड है।) दोनों का अनुपात निकालने पर हम देखते हैं कि प्रकाश की गति ध्वनि की गति से लगभग 9 लाख गुना है।
- **प्रदर्शन :** प्रकाश की गति की कल्पना करना मुश्किल है क्योंकि इसका मान बहुत अधिक है। इसकी तुलना में ध्वनि की गति बहुत कम है, हालाँकि 340 मीटर प्रति सेकंड गति भी हमारे रोज़मर्रा के चलने, दौड़ने या यहाँ तक कि वाहन से यात्रा करने की गति की तुलना में काफ़ी अधिक है।

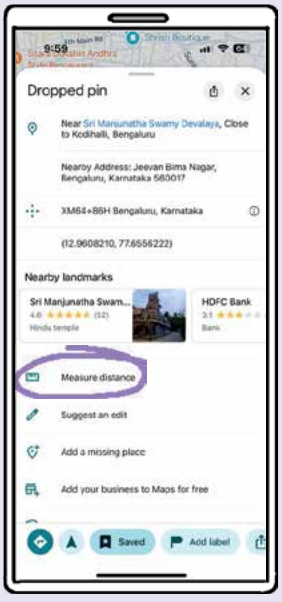
अभ्यास : 340 मीटर की दूरी पैदल चलना

अपने फ़ोन पर 'लोकेशन' चालू करें और गूगल मेप ऐप खोलें।

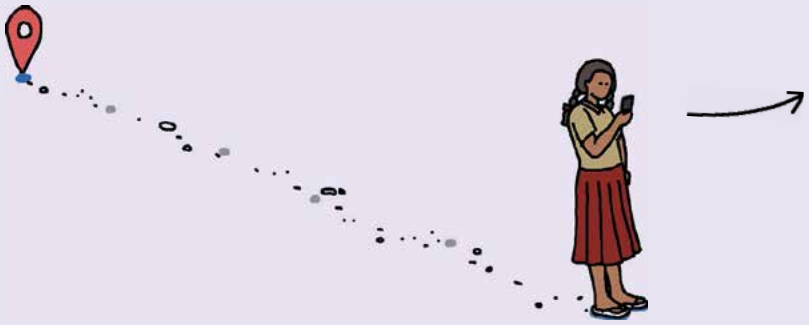
स्क्रीन पर अपनी वर्तमान 'लोकेशन' पर एक से दो सेकंड के लिए उँगली से दबाएँ। मेप पर एक लाल चिह्न (Icon) दिखाई देगा, जिस पर 'ड्रॉप्ड पिन (Dropped Pin)' लिखा होगा।

'सहेजें' (Save) पर क्लिक करें और 'तारांकित स्थान (Starred places)' चुनें। अब, नीचे जाएँ (Scroll) और 'दूरी मापें' (Measure distance) विकल्प चुनें। इसके बाद विद्यार्थियों को स्क्रीन दिखाएँ।





मोबाइल हाथ में पकड़ें और उस जगह से चलना शुरू करें जो ऐप पर चिह्नित है। उस दिशा में सीधे चलें जहाँ खुली जगह हो। बीच-बीच में रुककर 'दूरी नापें' (Measure distance) वाला टूल खोलकर देखें कि आप कितनी दूर आ गए हैं। सीधी रेखा में ऐसे ही चलते रहें, जब तक कि आपकी दूरी प्रारम्भिक स्थान से 340 मीटर न हो जाए।



ध्वनि की गति का अनुभव कराने में मदद करने के लिए हम विद्यार्थियों से कुछ गतिविधियाँ करवा सकते हैं। विद्यार्थियों को किसी खुले मैदान या खेल के मैदान जैसी बड़ी खुली जगह पर ले जाएँ। जहाँ से शुरुआत करनी है, वहाँ पर एक पत्थर या लकड़ी की डण्डी रखकर निशान बना दें। फिर, विद्यार्थियों को साथ लेकर उस जगह से 340 मीटर दूर तक चलें (जैसा कि **दिए गए अभ्यास** में दूरी नापी गई थी)। विद्यार्थियों से कहें कि वे पीछे मुड़कर उस स्थान को देखें जहाँ से शुरुआत की थी और सोचें कि आवाज़ को वहाँ से यहाँ तक आने में सिर्फ़ 1 सेकंड लगेगा। विद्यार्थियों को 1 सेकंड का सही अन्दाज़ा दिलाने के लिए उनसे कहें कि वे घड़ी की सेकंड वाली सुई देखें या मोबाइल स्टॉपवॉच देखें और ऊँची आवाज़ में सेकंड गिनें। अगर सम्भव हो, तो आप विद्यार्थियों से कह सकते हैं कि वे उसी स्थान पर ही रहें जबकि आप शुरुआती जगह पर वापस जाएँ और एक पटाखा जलाएँ। विद्यार्थियों से कहें कि वे फूटते हुए पटाखे की चमक या धुआँ देखने और उससे होने वाली आवाज़ सुनने के बीच के समय अन्तराल का अवलोकन करें। यह अन्तर लगभग एक सेकंड का होना चाहिए। यहीं पर, विद्यार्थियों को सौरभ डेका और अनुराग तिवारी के लेख के मुख्य विचार के बारे में याद दिलाना अच्छा होगा : अगर हम तड़ित देखने के एक सेकंड बाद गड़गड़ाहट सुनते हैं, तो वह हमसे 340 मीटर दूर कहीं पर गिरी है। अगर हम इसे दो सेकंड बाद सुनते हैं, तो इसकी दूरी हमसे 340 मीटर की दोगुनी होगी, इसी तरह समय बढ़ने पर दूरी भी उसी अनुपात से बढ़ती जाएगी।

- **विचार अभ्यास :** हम स्केलिंग के विचार का उपयोग कर सकते हैं। विद्यार्थियों को मानचित्र में स्केल के विचार की याद दिलाएँ कि हम कैसे वास्तविक दुनिया की बड़ी दूरियों को समानुपातिक और छोटी लम्बाई के साथ मानचित्र पर दर्शाते हैं। विद्यार्थियों से कहें कि वे कल्पना करें कि एक मानचित्र पर 1 मिलीमीटर = 1 किलोमीटर का स्केल है। यहाँ दो तरीक़े दिए गए हैं जिनसे आप विद्यार्थियों को ध्वनि द्वारा एक सेकंड में तय की जाने वाली दूरी का ठोस अनुभव कराने में मदद कर सकते हैं : (i) विद्यार्थियों को कार्ड पेपर या पोस्टकार्ड का एक टुकड़ा दें। उनसे काग़ज़ की मोटाई पर ध्यान देने को कहें। यह लगभग 0.3 से 0.4 मिलीमीटर या लगभग 1/3 मिलीमीटर होती है। (ii) विद्यार्थियों से कहें कि वे स्केल पर सबसे छोटे निशान (= 1 मिलीमीटर) को देखें और उनसे कल्पना करने को कहें कि इसे तीन बराबर हिस्सों में बाँटा गया है। इनमें से किसी एक टुकड़े द्वारा कितनी लम्बाई तय की जाएगी? यदि हम मानचित्र पर दिखाना चाहें कि ध्वनि एक सेकंड में कितनी दूरी तय करती है, तो यह कार्ड पेपर की मोटाई या इन तीन टुकड़ों में से किसी एक की लम्बाई के बराबर होगी। विद्यार्थियों को इस लम्बाई की छोटी-सी दूरी को समझने का समय दें। अब, उन्हें बताएँ कि इसी स्केल से बने मानचित्र पर, प्रकाश एक सेकंड में लगभग 300 मीटर की दूरी तय करेगा। उनसे पूछें कि यह दूरी उस समय अन्तराल में ध्वनि द्वारा तय की गई दूरी से कितनी अधिक है। क्या वे सोच सकते हैं कि एक सेकंड में प्रकाश द्वारा तय की गई दूरी को मानचित्र पर दिखाने के लिए मानचित्र कितना बड़ा होना चाहिए? गति में अन्तर को समझाने का एक और तरीक़ा यह भी हो सकता है कि प्रकाश एक सेकंड में चाँद तक की दूरी का लगभग तीन-चौथाई हिस्सा तय कर लेता है। चाँद की दूरी लगभग 4 लाख किलोमीटर है। इसलिए, व्यावहारिक रूप से, तड़ित के चमकने के बाद उसकी रोशनी हम तक तुरन्त ही पहुँच जाती है। यह समय इतना कम होता है कि इसे न के बराबर (negligible) माना जा सकता है।

i wonder... Rediscovering school science

रचनाकार:
अनीश मोकाशी अज़ीम प्रेमजी यूनिवर्सिटी, बेंगलूरु में पढ़ाते हैं। उनसे anish.mokashi@apu.edu.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : रोशन ख़ान **पुनरीक्षण :** उमा सुधीर **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय