

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र

(टाटा मूलभूत संशोधन संस्था)

वि. ना. पुरव मार्ग, मानखुर्द, मुंबई ४०००८८

खगोलशास्त्र शिक्षण उपक्रम

पृथ्वीचा आकार कसा आहे?

पृथ्वीचा आकार कसा आहे? असा प्रश्न विचारला तर कोणीही पटकन चेंडूसारखा गोल आहे असे उत्तर देईल. आपण पृथ्वीच्या गोलाची छोटी प्रतिकृती बघतो, अंतराळ यानातून पृथ्वीचे काढलेले फोटो बघतो आणि पृथ्वीचे गोल असणे आपल्या अंगवळणी पडून जाते. पण आज सर्वसामान्य वाटणारी ही गोष्ट शोधून काढायला अनेक शतके लागली. अनेक लोकांनी या प्रश्नाचा पाठपुरावा करून, प्रसंगी लोकांचा रोष घेऊन पृथ्वीचा आकार गोल आहे आणि ती स्थिर नसून सूर्या भोवती फिरते हे शोधून काढले.

खूप पूर्वी, जेव्हा अंतराळ यानेच काय स्वयंचलित यानेही नव्हती तेव्हाच्या काळाची कल्पना करा. 'पृथ्वीचा आकार कसा आहे?' हा प्रश्न पडण्याचेच तेव्हा काही कारण नव्हते. पृथ्वी म्हणजे आपली जमीन सपाट आहे, तिच्यावर छोटे मोठे खाच-खळगे, डोंगर दऱ्या आहेत, पण मुळात ती सपाटच आहे असेच सगळ्यांना वाटत होते. हां, ती नेमकी किती मोठी आहे, तिला कड आहे की नाही असे प्रश्न लोकांना पडत होते. पण वहाने नसल्यामुळे खूप लांब जाणे ही शक्य नव्हते. त्यामुळे पृथ्वी नेमकी किती मोठी आहे हे मोजणे शक्यच नव्हते. मात्र काळ मोजण्यासाठी, म्हणजे वर्ष, महिने मोजण्यासाठी कुठले तारे कधी कुठे दिसतात याच्या सविस्तर आणि अचूक नोंदी पुष्कळ पूर्वीपासून केल्या गेल्या होत्या.

पृथ्वीचा आकार शोधून काढायची पहिली शक्यता दिसली ती खलाशांमुळे.

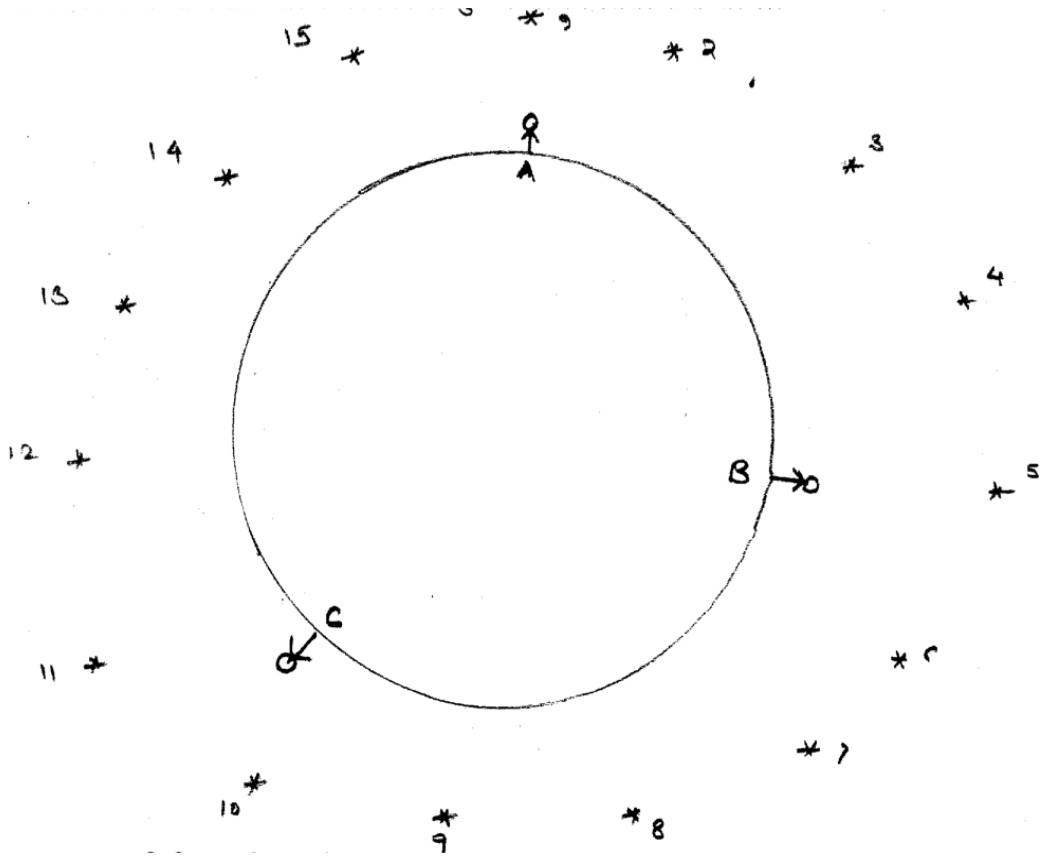
साधारण अडीच हजार वर्षांपूर्वी ग्रीसमध्ये आरमाराचा पुष्कळ विकास झाला. खलाशी लोक व्यापार वगैरे कारणांनी जहाजे घेऊन समुद्रातून दूर दूर जाऊ लागले. त्यासाठी जहाज बांधणी, नकाशे तयार करणे इत्यादी तंत्रे विकसित झाली. समुद्रात रस्ता ठरवायला काहीच खाणाखुणा नसतात, त्यामुळे ताऱ्यांवरून दिशा ठरवून जहाजे हाकावी लागत. त्यामुळे त्यांना ताऱ्यांची, त्यांच्या जागांची अचूक माहिती असावी लागत असे. त्यासाठी त्यांना पूर्वीपासून घेतलेल्या नोंदींचा उपयोग झाला.

खूप लांबवर जाऊनही खलाशांना पृथ्वीची कड मिळाली नाही, पण एक मजेशीर गोष्ट त्यांच्या लक्षात आली. नव्या ठिकाणचे आकाश ग्रीसमधून रात्री दिसणाऱ्या आकाशापेक्षा वेगळे होते. उत्तरेकडे गेले की उत्तरेला काही नवे तारे दिसू लागतात, आणि दक्षिणेकडेचे तारे दिसेनासे होतात; याउलट, दक्षिणेकडे गेले की दक्षिणेला नवीन तारे दिसू लागतात आणि उत्तरेकडेचे तारे

दिसेनासे होतात. म्हणजे ग्रीसमधून आकाशाचा थोडासा भागच दिसत होता. पण ग्रीसमधून दिसणाऱ्या आकाशाच्या तुकड्याच्या आजूबाजूला मोठेसे आकाश आहे. त्याचा आणखी थोडा भाग दुसऱ्या ठिकाणाहून दिसतो, पण पूर्ण आकाश मात्र कुठूनच दिसत नाही.

असे का होत असेल?

पृथ्वी गोल आहे हे तुम्हाला माहित आहे. त्या आधारावर असे का होत असेल हे तुम्हाला सांगता येईल का? खाली दिलेल्या आकृतीत ३ निरनिराळ्या ठिकाणाहून (A, B, C) आकाशाचा कुठला भाग दिसेल ते दाखवा. आणि प्रत्येकाला कुठले तारे दिसतील ते सांगा.



खलाशांच्या निरिक्षणाचे स्पष्टीकरण देण्याचे प्रयत्न तेव्हाच्या शास्त्रज्ञांनी सुरू केले. असे होण्यामागचे कारण पृथ्वी गोल आहे हे असावे अशी नोंद पहिल्यांदा एलिआच्या पारमेनिडसने केल्याची आढळते. त्याच्यापाठोपाठ थालस (ई.पू. ४६० - ५६२) मिलेटोचा अर्नॅक्सिमेनस (ई.पू. ६ वे शतक) कोलेफनचा झेनोफेनस (ई.पू. ५७० च्या सुमारास) या सगळ्यांनीही ही कल्पना उचलून धरली. त्यांच्यामते पृथ्वी ही गोळ्यासारखी असून ती विश्वाच्या मध्यभागी स्थिर आहे.

त्यांचे पहिले अनुमान बरोबर होते; पण दुसरे, म्हणजे पृथ्वीच्या स्थाना आणि गतीविषयीचे अनुमान चुकीचे होते. ते सुधारून समाजमान्य होण्यासाठी आणखीन अकराशे वर्षे लागली.

पृथ्वी गोल आहे याचे अजूनही काही पुरावे पुढे आले. पायथागोरस या प्रसिद्ध शास्त्रज्ञाने लक्षात आणून दिले की चंद्रग्रहणाच्या वेळी पृथ्वीची सावली चंद्रावर पडत असून ती कायम गोलाकारच पडते. आणि कायम गोलाकार सावली फक्त गोळ्याचीच पडते. जर पृथ्वी अंड्यासारखी असती तर तिची सावली कशी पडली असती?

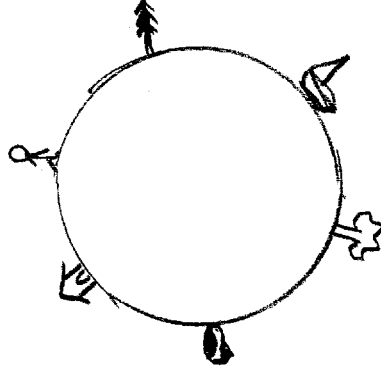
जर पृथ्वी चकतीसारखी सपाट असती तर तिची सावली कशी पडली असती?

पुस्तकांमध्ये कायम आढळणारे जहाजाचे उदाहरणही पायथागोरसनेच दिले. जहाजे दूर जाताना पहिल्यांदा त्याचा खालचा भाग दिसेनासा होतो आणि शीड अखेरीस दिसेनासे होते. याउलट, किनाऱ्याकडे येणाऱ्या जहाजाचे शीड पहिल्यांदा दिसते आणि मग हळूहळू खालचा भाग दिसू लागतो. त्याचा अर्थ समुद्राचा पृष्ठभाग गोलाकार असला पाहिजे असे त्याचे म्हणणे होते.

पण विचित्र गोष्ट अशी की जहाजे गोलावरून घसरून खाली पडत कशी नाहीत? मुळात गोलाच्या सर्व भागांवर माणसे गोलाकडे पाय आणि ठेवून उभी कशी रहातात?

स्ताजिराचा प्रसिद्ध तत्वज्ञ आणि शास्त्रज्ञ अॅरिस्टॉटल (ई.पू. ३८४ - ३२२, म्हणजे आजपासून सुमारे २३५० वर्षांपूर्वी) याने सांगितले की पृथ्वी सर्व वस्तूंना स्वतःकडे खेचून घेते. त्यामुळे आधार न दिलेल्या सर्व वस्तू पृथ्वीच्या केंद्राच्या दिशेने ओढल्या जातात. त्यामुळे खालची दिशा ही कायम पृथ्वीच्या केंद्राकडे असून प्रत्येक ठिकाणी वेगळी आहे. अशा पद्धतीने जहाजांच्या खाली पडण्याचा प्रश्न सुटला.

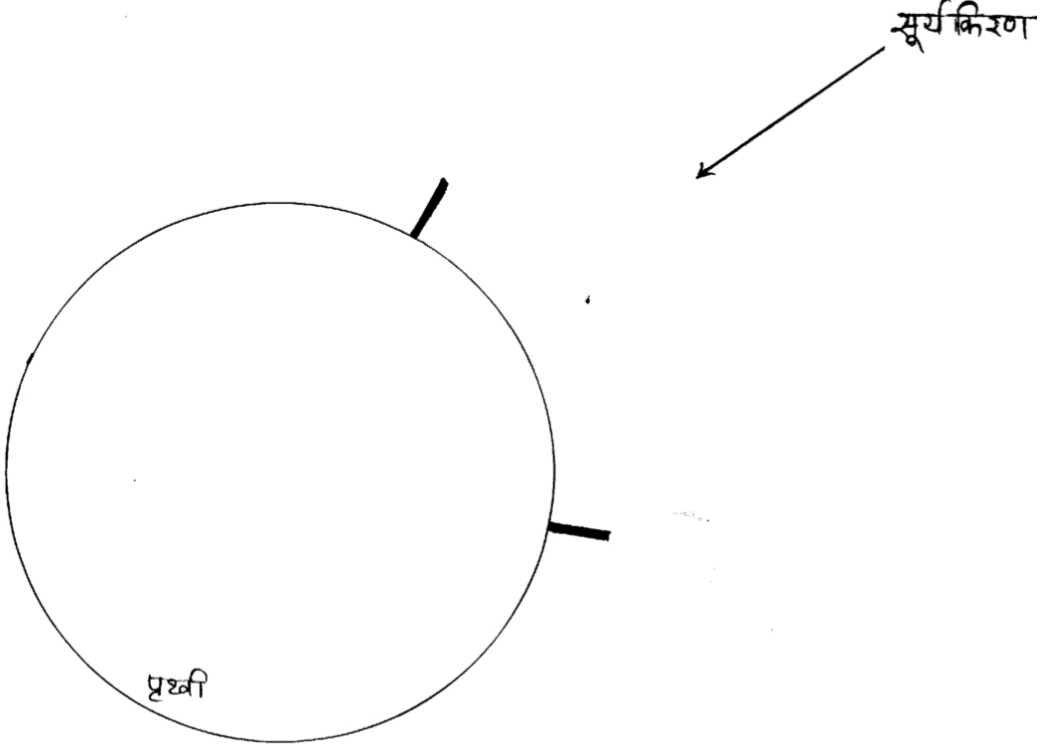
खाली दाखवलेल्या आकृतीत प्रत्येक व्यक्तीची आणि वस्तूची खालची दिशा दाखवा.



अॅरिस्टॉटलने लोकांना पटवून दिले की गोळा जर खूप मोठा असेल तर त्याची वक्रता कमी कमी होत जाते. म्हणजेच गोळ्याचा छोटा भाग जवळ जवळ सपाट आहे असे वाटते. खाली एक बिंदू दिला आहे. त्याच्या भोवती १ से. मी. पासून ५ से. मी. पर्यन्त १ से. मी. ने मोठी होत जाणारी वर्तुळे काढा. कुठल्या वर्तुळाची वक्रता सगळ्यात जास्त आहे? कुठल्या चर्तुळाचा छोटा भाग जास्त सपाट वाटेल? अनंत त्रिज्येचे वर्तुळ कसे असेल?

पृथ्वीचा गोळा सपाट वाटावा इतका मोठा आहे. कबुल. पण म्हणजे नेमका किती मोठा? त्याचे काही मोजमाप आहे की नाही? पृथ्वीचे माप मोजायचा प्रश्न अजून अनुत्तरितच होता. अलेक्झान्द्रियाच्या इराथोस्तेनिसने (इ. पू. २७६ - इ. पू. १९४) एक डोकेबाज प्रयोग कारून या प्रश्नाचे उत्तर शोधून काढले. हा प्रयोग आपण थोडक्यात समजावून घेऊ. लक्षात घ्या, की वेगवेगळ्या अक्षवृत्तावरून कुठल्याही ताऱ्याची क्षितीजापासूनची उंची जशी बदलते तशीच सूर्याचीही बदलणार.

पृथ्वी सूर्यापासून खूप दूर असल्यामुळे सूर्याची किरणे पृथ्वीच्या सर्व भागांवर समांतर पडतात. आता जेव्हा सूर्य एखाद्या ठिकाणी डोक्यावर असेल तेव्हा दुसऱ्या ठिकाणी, पृथ्वीच्या गोलाकारामुळे सूर्य डोक्यावर नसेल. खालच्या आकृतीत A आणि B अशा दोन काठ्या दाखवल्या आहेत. त्यांची सावली कशी पडेल ते दाखवा.



आता लाक्षात घ्या की सिएना या ठिकाणी वर्षाच्या एका विशिष्ट दिवशी म्हणजे २१ मार्चला सूर्य डोक्यावर येतो. म्हणजे सावली सगळ्यात लहान पडते. पण अलेक्झान्द्रियाला मात्र त्याच दिवशी, त्याच वेळी थोडी जास्त सावली पडते. ही गोष्ट इराथोस्तेनिसला माहित होती. त्यावरून त्याने पृथ्वीची त्रिज्या आणि परीघ काढला.

कौतुकाची गोष्ट म्हणजे त्याने काढलेले उत्तर हे आता काढलेल्या उत्तराच्या अगदी जवळ आहे.