

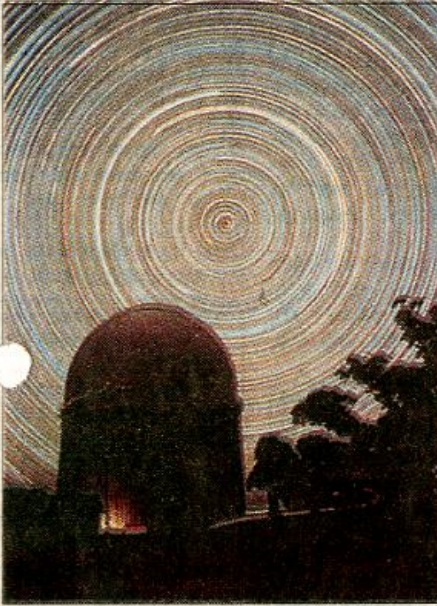
खगोलविज्ञानाच्या पाऊलखुणा

चित्र-१ : ऑस्टिस्टार्कसचा पुतळा



गेल्या सहस्रकात खगोलविज्ञानात अनेक स्थित्यंतरे घडून आली. या स्थित्यंतरांचा मागोवा व भविष्यकाळाचा वेध घेणारी ज्येष्ठ खगोलशास्त्रज्ञ डॉ. जयंत नारळीकर यांची लेखमाला दर महिन्याच्या पहिल्या रविवारी प्रसिद्ध करित आहोत.

पहिल्या लेखात पृथ्वी स्थिर की सूर्य स्थिर, या वादाचा इतिहास



चित्र-३ : आयुकातला आर्यभटाचा पुतळा

चित्र क्र -२ : डेव्हिड मॅलिन या ऑस्ट्रेलियन खगोल निरीक्षकाने रात्रभर कॅमेरा उघडून आकाशातल्या तारकांचे टिपलेले चित्र. तारकांच्या पूर्व ते पश्चिम गतीमुळे त्यांच्या गोलाकार कक्षा छायाचित्रात उमटलेल्या दिसतात.

पृथ्वी स्थिर, की सूर्य स्थिर?

ग्री स मधील सॅमॉस येथे एक पुतळा आहे. त्याखाली मथळा असा आहे- "पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते याचा शोध लावणारा पहिला," व्यक्तीचे नाव आहे 'ऑस्टिस्टार्कस' (चित्र - १) आणि जीवनकाळ ख्रिस्तपूर्व ३२० ते २५० साल. आणि त्याखाली टोमणा आहे : "कोपर्निकस ऑस्टिस्टार्कस नंतर, १५३० साली, त्याच मार्गाने गेला."

पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते का सूर्य पृथ्वीभोवती हा खगोल विज्ञानातील आद्यवाद म्हटला पाहिजे. आणि आजच्या घोकंपट्टी शालेय विज्ञानात सांगतात - 'कोपर्निकसने पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते हे सिद्ध केले' तितके हा वाद सोडवणे सोपे नाही. पृथ्वीवासीयांना रोज रात्री तारका पूर्वेकडून पश्चिमेकडे जाताना दिसतात. दिवसा सूर्यही पश्चिममार्गीय दिसतो. वर्षभरात तारकांच्या पाश्र्वभूमीवर सूर्याचे स्थान बदलताना दिसते. असे असताना सूर्य स्थिर आहे आणि पृथ्वी त्याभोवती प्रदक्षिणा घालते, तसेच आपल्या आसाभोवती फिरते यावर कोण विश्वास ठेवील? या कथनाला पुरावा काय?

ऑस्टिस्टार्कसने तसा पुरावा मिळविण्याचा प्रयत्न केला होता. पृथ्वी

जर आपली जागा बदलत असेल तर आज आणि सहा महिन्यांनी पृथ्वीवासीयांना ताऱ्यांच्या दिशांत सूक्ष्म बदल आढळतील.... आपण आगगाडीतून जातो तेव्हा लांबच्या झाडा-पर्वतांच्या तुलनेत जवळच्या झाडांची दिशा बदलताना दिसते तसे. झाड जितके निकट तितका त्याच्या दिशेतला फरक जास्त. ताऱ्यांबाबतीत हाच परिणाम मोजायचे प्रयत्न ऑस्टिस्टार्कसने केले होते पण त्यात त्याला यश आले नाही. या मार्गे दोन कारणे होती असे आज पश्चातबुद्धीने सांगता येते.

एक कारण, ऑस्टिस्टार्कसने अंदाज केला त्या पेक्षा तारे पुष्कळ दूर आहेत म्हणून त्यांच्या दिशेतला फरक (-अगदी जवळच्या ताऱ्यांबाबतीत सुद्धा) फार सूक्ष्म आणि ऑस्टिस्टार्कसच्या अंदाजापेक्षा पुष्कळ कमी आहे. दुसरे कारण म्हणजे हे सूक्ष्म बदल मोजायची क्षमता तत्कालीन उपकरणांत नव्हती.

ग्रीसमधील पुराणवाङ्मयाचा अमोल साठा (- त्यात ऑस्टिस्टार्कसचे साहित्यपण होते -) अलेक्झांड्रियातील मोठ्या ग्रंथगारात होता, तो दुर्दैवाने आक्रमकांनी केलेल्या जाळपोळीत नष्ट झाला. म्हणून आज ऑस्टिस्टार्कसच्या कार्याबद्दल फार माहिती उपलब्ध नाही.

आर्यभट्टाचे द्रष्टेपण

१९९९ मध्ये 'आर्यभटीयम्' ग्रंथाला १५०० वर्षे झाली. सन ५९९ मध्ये आर्यभट्टाने लिहिलेला हा ग्रंथ भारतीय खगोल विज्ञानाच्या त्या काळाच्या प्रगल्भतेची जाणीव करून देतो. ख'गोला'त तारकांच्या दिशा मांडण्याचे, उरवण्याचे गणित असते. त्याची माहिती त्या ग्रंथात दिसते. ग्रहणे म्हणजे सावल्यांचा खेळ, राहू केतूंचे प्रकोप नव्हेत; हे आर्यभट्टाला माहीत होते. परंतु 'आर्यभटीया'तला एक श्लोक लेखकाचे द्रष्टेपण दर्शवतो.

अनुलोमगतिर्नैस्थः

पश्यत्यचलं विलोमं यद्वत् ।

अचलानि भानि तद्वत्

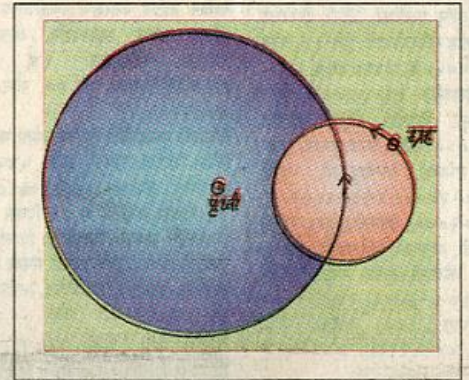
समपश्चिमगानि लंकायाम् ॥

म्हणजे - ज्याप्रमाणे नावेतून जाणाऱ्याला किनाऱ्यावरील स्थिर वस्तू उलट्या दिशेने जाताना दिसतात त्याचप्रमाणे आकाशात स्थिर असलेले तारे आपल्याला पश्चिमेकडे जाताना दिसतात.

यातून आर्यभट्टाला आपण फिरत्या पृथ्वीतलावर आहोत याची जाणीव असल्याचे दिसून येते. परंतु पृथ्वी आसाभोवती फिरते, ही कल्पना त्या काळी कोणी स्वीकारायला तयार नव्हते. पृथ्वी स्थिर आणि आखवे ब्रह्मांड तिच्याभोवती फिरते, हीच कल्पना रुढ होती. आणि जवळ जवळ एक सहस्रक टिकून राहणार होती.

कोपर्निकसची क्रांती

अशा पाश्र्वभूमीवर आपल्याला निकोलस कोपर्निकसने (सन १४७३-१५४३) घडवून आणलेल्या क्रांतीचे मूल्यमापन करायचे आहे. ऑस्टिस्टार्कस आणि आर्यभट्ट यांनी आपली मते मांडायला विरोध होण्याचे कारण हेच होते की पृथ्वी स्थिर आहे ही कल्पना शतकानुशतके जनमानसात रुजली होती, दृढमूल झाली होती. दोन सहस्रकांपूर्वी ग्रीक संस्कृती प्रगतीच्या शिखरावर असताना, प्रख्यात तत्त्ववेत्ता ऑस्टिस्टॉलने विश्वाबद्दल आणि नैसर्गिक नियमांबद्दल जो आराखडा मांडला होता तोच ग्रीस मध्येच नव्हे; तर युरोप आणि



चित्र - ४ : ग्रीक चक्राकार सिद्धांताप्रमाणे केलेली भूमितीय रचना.

आशियात लोकप्रिय झाला होता. निसर्ग गोलाकार कक्षांना मान्यता देतो. रात्रीच्या आकाशात ताऱ्यांचे मार्गक्रमण गोल कक्षांत दिसते, हे एक उदाहरण नव्हे का?

परंतु ग्रहांची गती या गोलाकार कक्षांच्या नियमात प्रथमदर्शनी तरी बसत नाही. उदाहरणार्थ, सूर्याच्या तुलनेत ग्रह कधी मागे, कधी पुढे दिसतात. मधुनमधुन त्यांची गती 'उलट फिरलेली' दिसते. ('ग्रह' या अर्थी वापरलेल्या ग्रीक 'प्लॅनेटेस' शब्दाचा अर्थच मुळी 'भटक्या' आहे) तर ह्या भटक्या जमातीला ऑस्टिस्टॉलच्या वर्तुळाकृती कक्षांत कसे बसवायचे?

या प्रश्नावर ग्रीक गणितज्ञांनी आपले सुपीक डोके वापरून मात केली होती. पृथ्वीला केंद्र मानून काढलेल्या वर्तुळावर शुक्र फिरत नसेल. पण पृथ्वीभोवती एक वर्तुळ काढून त्यावर फिरणाऱ्या एका काल्पनिक बिंदूभोवती आणखी एक वर्तुळ काढून त्यावर शुक्राला फिरवले तर? (चित्र ४ पाहा) म्हणजे एका ऐवजी दोन वर्तुळे वापरावीत - गरज पडल्यास त्याहून जास्तही! अशा तऱ्हेने अनेक चक्रांचा हा सिद्धांत

(पान १६ पाहा)

(एपिसायक्लिक थियरी) सर्वत्र रूढ झाला होता. टॉलेमी याने आपल्या 'सिटीक्सिस' ग्रंथात याचा सखोल उहापोह केला होता. मूळ ग्रंथाचे अरबांनी केलेले 'अल्माजिस्त' हे भाषांतर पुढे युरोपात प्रचलित झाले होते.

हा उपद्रव्याप करण्यामागे कारण विज्ञाननिष्ठ होते. ग्रह हे आकाशात मनमानी भटकंती करत असून ते अशा 'चक्रबद्ध' चाकोरीत नियमाप्रमाणे फिरतात आणि त्यांची भविष्यातील स्थिती भाकीत करून सांगता येते, हे दाखवण्याचा प्रयत्न होता. अमुक ग्रह पुढील काळात अमुक रात्री अमुक वेळी आकाशात कुठे असेल हे सांगता आले पाहिजे. आणि हा उद्देश चक्रांच्या सिद्धांताने बहुतांशी साध्य केला होता.

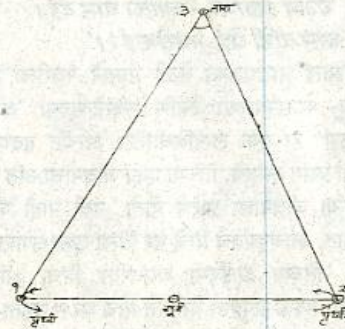
कोपर्निकसनेदेखील त्याच सिद्धांताचा अवलंब केला, मात्र त्याने पृथ्वीला स्थिर न ठेवता सूर्याला स्थिर मानले. आणि असे केल्याने टॉलेमीच्या भूमितीय रचनापेक्षा त्याच्या रचना अधिक सुटसुटीत झाल्या.

(चित्र - ५ पाहा) कोपर्निकसने आपली ही नवी पद्धत प्रथम एका लहान टीकात्मक पुस्तकात, 'कॉमेंट्रीऑलस' मध्ये मांडली. १५३३ च्या सुमारास ही पुस्तिका प्रसिद्ध झाली तेव्हा ती पोपक्लीमेंटच्या निदर्शनास आली. त्या वेळी पृथ्वी केंद्रित सिद्धांत हा धार्मिक रूढीचा, विचारांचा, तत्त्वज्ञानाचा भाग बनून गेला होता. संपूर्ण विश्व स्थिर पृथ्वीवर केंद्रित आहे ही कल्पना धर्ममार्तंडांनी उचलून धरली होती. अशा पार्श्वभूमीवर कॅथलिक धर्मप्रमुख पोपने ह्या पुस्तिकेत लक्ष घालावे यात आश्चर्य नाही. पण मुख्य गोष्ट अशी, की पोपक्लिमेंटला ही कल्पना विचारणीय आली आणि त्याने ती विस्ताराने प्रसिद्ध करायला सांगितले. फॉन लॉखन ऊर्फ न्हेटिकस या प्रॉटेस्टंट विचारवंतानेही हाच आग्रह केला. खुद्द कोपर्निकसला धर्ममार्तंडांच्या अपेक्षित विरोधाची कल्पना होती. म्हणून तो असे पुस्तक प्रसिद्ध करायला उत्सुक नव्हता.

परंतु न्हेटिकसने गळ घातली म्हणून अखेर ते पुस्तक लिहून झाले. मात्र त्यातील प्रस्तावना कोपर्निकसची होती का याबद्दल आज शंका व्यक्त केली जाते. कारण

पृथ्वी स्थिर, की सूर्य स्थिर?

प्रस्तावनेत सूर्यकेंद्रित सिद्धांताचा ठामपणे पुरस्कार केलेला नाही. 'प्रचलित पृथ्वीकेंद्रित सिद्धांताला पर्यायी म्हणून हा एक तर्क विचारात घ्यावा', असा सूत्र त्यात दिसतो.



चित्र ६ : पृथ्वी सहा महिन्यांत स्थान-१ वरून स्थान-२ कडे जाते. तारा स्थान-३ वर आहे. सहा महिन्यांत त्याच्या दिशेतला बदल कोण १३२ ने दर्शवला जातो. वास्तविक, कोण चित्रात दर्शविल्यापेक्षा पुष्कळ सूक्ष्म असतो.

कोपर्निकस जितक्या विश्वासाने आपला सिद्धांत मांडीत असे ते पाहता ही प्रस्तावना त्याची नव्हे किंवा त्याच्या संमतीशिवाय दुसऱ्या कोणी लिहिली असे वाटते, आणि न्हेटिकस, ओसियांडर प्रभृती व्यक्तींची -पुस्तकाला विरोध होऊ नये म्हणून - ही ढवळाढवळ असावी. हे प्रकाशित पुस्तक मृत्युशय्येवर असताना कोपर्निकसच्या हाती आले, आणि लवकरच त्याचा अंत झाला. म्हणून प्रस्तावनेबाबत त्याची प्रतिक्रिया उपलब्ध नाही.

पृथ्वी स्थिर आहे का?

आधी सांगितल्याप्रमाणे कोपर्निकसच्या भूमितीय



चित्र ५: निकोलस कोपर्निकस

रचना टॉलेमीच्या रचनापेक्षा सुटसुटीत आहेत आणि त्यामुळे त्याने गृहीत धरलेला सूर्यकेंद्रित सिद्धांत बरोबर असावा असे वाटते. पण विज्ञानात 'कारणमीमांसा सोपी' हे त्या सिद्धांताच्या सत्यतेचा पुरावा होऊ शकत नाही. 'सूर्य स्थिर आहे, आणि पृथ्वी त्या भोवती फिरते याचा प्रत्यक्ष पुरावा काय आहे?' हा प्रश्न सिद्धांताच्या विरोधकांनी कोपर्निकसचा पुरस्कर्ता गॅलिलिओ गॅलिलेईला सतराव्या शतकाच्या आरंभी विचारला. त्या वेळी धर्ममार्तंडांनी कोपर्निकसच्या पुस्तकावर आणि सिद्धांतावर बंदी घातली होती, पण बंडखोर वृत्तीच्या

शास्त्रज्ञ गॅलिलिओने तिला जुमानले नाही. तरीपण १६१५-१६ मध्ये ह्या प्रश्नाचे बरोबर उत्तर गॅलिलिओकडे नव्हते. पाणी भरलेले भांडे घेऊन आपण चालायला लागलो तर पाणी हिदकाळते. पृथ्वीवर समुद्राला भरती-ओहोटी येते कारण पृथ्वी फिरते अशी कारणमीमांसा गॅलिलिओने केली....आणि ती खरोखर चुकीची ठरली! (भरती ओहोटीचे कारण सूर्य चंद्राचे पृथ्वीवरील गुरुत्वाकर्षण हे आहे.)

मग खरे पुरावे काय होते? ते मिळायला अजून एक-दोन शतके उलटायची होती. पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते तसेच आपल्या आसाभोवती सुद्धा. त्यापैकी पहिल्या गतीचा पुरावा अँरिस्टार्कसने मांडलेल्या पद्धतीने आता मिळू शकतो. एखाद्या जवळच्या तान्याकडे आज आणि सहा महिन्यांनी पाहिले तर त्याच्या दिशेत सूक्ष्म बदल दिसून येतो. कारण, अँरिस्टार्कसच्या तर्काप्रमाणे सहा महिन्यांत पृथ्वीने आपली जागा बदललेली असते. मात्र त्याच्या तर्कापेक्षा हा वास्तविक बदल फार सूक्ष्म असतो. आपण कोण मोजायला अंशाचा एकक वापरतो, त्या अंशाचा दहा हजारव्या हिश्यात मोजण्याइतका हा बदल स्वल्प असतो. हा परिणाम सर्वप्रथम बेसेल याने १८३८ मध्ये मोजला, '६१ सिमिनी' तान्यासाठी.

त्याचप्रमाणे सूर्याभोवती फिरणाऱ्या पृथ्वीतलावरून आपण एखादा तारा पाहतो, तेव्हा त्याच्या दिशेत किंचित बदल झालेला दिसतो. हा बदल प्रकाशाची दिशा आणि वेग याच्या बरोबर पृथ्वीचा वेग आणि फिरण्याची दिशा यांची 'बेरीज' करून ठरवता येतो. १७२५ मध्ये ब्रॅडलेने हा परिणाम निरीक्षणांद्वारे ठरवला.

अशा तऱ्हेने दोन-अधिक सहस्रक चालत आलेल्या वादावर पडदा पडला. सूर्याभोवती पृथ्वी फिरते की पृथ्वीभोवती सूर्य या प्रश्नाचे उत्तर 'तान्यांच्या पार्श्वभूमीवर पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते' असे आहे. गेल्या सहस्रकातला खगोल-विज्ञानाचा हा पहिला महत्त्वपूर्ण शोध म्हटला पाहिजे.