

गेल्या सहस्रकातले खगोल विज्ञानाचे ऐतिहासिक टप्पे

डॉ. जयंत नारळीकर

खगोल विज्ञानाची परंपरा अनेक सहस्रकांची आहे. कारण अनादिकालापासून मानव दिवसा सूर्य तर रात्री ग्रहतारे आणि चंद्र यांचे दर्शन घेत आला आहे. केवळ दर्शन व निरीक्षणच नव्हे तर जिज्ञासेपायी त्यांच्या रहस्यांवर विचारमंथन करण्यातही त्याने वेळ खर्च केला. आणि अशा विचारमंथनातून खगोल विज्ञानाला आकार मिळत गेला. खगोल विज्ञान हे विज्ञानाच्या सर्व शाखांत सर्वाधिक जुने असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती होणार नाही.

अशा ह्या अनादिविज्ञानाचे स्वरूप कालानुसार कसे पालटत गेले? ख्रिस्त जन्मापासून सुरू केलेल्या कालगणनेप्रमाणे ३१ डिसेंबर २००० ह्या दिवसाअखेर दोन सहस्रके पुरी होतात. त्यांतील गेल्या १००० वर्षांतल्या खगोल विज्ञानाच्या प्रगतीचा धावता आढावा घेण्याचा हा प्रयत्न. अर्थातच वेळ आणि जागेची मर्यादा सांभाळताना केवळ काही महत्त्वाच्या ऐतिहासिक टप्प्यांचाच उल्लेख इथे करणे शक्य होईल.

* * *

आपण सुरुवात भारतापासून करू. हजार वर्षापूर्वी भारतात खगोलविज्ञानाचे सुवर्णयुग नांदत होते. पाचव्या शतकात आर्यभटापासून सुरू झालेली परंपरा वराहमिहिर, भास्कर, ब्रह्मगुप्त आदींनी चालू ठेवली होती. बाराव्या शतकात भास्कराचार्य द्वितीय याच्या 'सिद्धांतशिरोमणि' ह्या ११५० सालच्या पुस्तकात तत्कालीन खगोल आणि गणित यांच्या भारतातील प्रगतीची माहिती मिळते. त्रिकोणमितीचा वापर करून आकाशातल्या ग्रहताऱ्यांच्या दिशा ठरवणे, युती, ग्रहणे आदींचा काल ठरवणे आदी गोष्टींत भारतीय खगोलविदांनी बरीच मजल मारली होती. आर्यभट ते भास्कर द्वितीय कालखंडात युरोपात अज्ञानाचा अंधकार होता (- ख्रिस्तपूर्व ग्रीक संस्कृतीचे महत्त्वाचे शोध त्या संस्कृतीबरोबर कालाच्या उदरात गडप

झाले होते.) भारतीय ज्ञानाचा ठेवा आत्मसात करून त्याला युरोपात नेऊन पोचवण्याचे काम अरबांनी केले. भारतीय अंक लिहिण्याची पद्धत आणि शून्याचा शोध याच मार्गाने युरोपला पोचले.

* * *

परंतु भास्कराचार्यांच्या पश्चात भारतातील प्रगती- खगोल विज्ञानासकट विज्ञानाच्या सर्व शाखांत थंडावली. आणखी ४-५ शतकांनंतर युरोपमध्ये नवनिर्मितीचे युग सुरू झाले आणि खगोल विज्ञानाची नव्या जोमाने प्रगती होऊ लागली. निकोलस कोपर्निकस (१४७७-१५४३), गॅलिलिओ गॅलिलेई (१५६४-१६४२), योहान केप्लर (१५७१-१६३०) आणि आयझॅक न्यूटन (१६४२-१७२७) अशा चौघा शास्त्रज्ञांनी ह्या स्थित्यंतरात प्रामुख्याने हातभार लावला. थोडक्यात सांगायचे तर ह्या चौघांचे योगदान खालील प्रकारे होते :



गॅलिलिओ

हार्दिक शुभेच्छा : मे. केशव अप्पाजी ओक, बाजारपेठ, चिपळूण.



न्यूटन

कोपर्निकस : ग्रीक संस्कृतीपासून चालत आलेल्या पृथ्वीकेंद्रित विश्वाच्या कल्पनेला धक्का देऊन आपली सूर्यमाला

(ग्रह, उपग्रह आदी) पृथ्वी ऐवजी सूर्याभोवती फिरते, हा दावा मांडणे.

गॅलिलिओ : पूर्वापार चालत आलेल्या गतीच्या नियमांना आव्हान देऊन गतिशास्त्राच्या आधुनिक रूपाचा पाया घालणे. दुर्बिणीचा वापर खगोल विज्ञानासाठी प्रथम (१६०९ साली) करून नव्या निरीक्षणात्मक शोधांची नांदी गॅलिलिओचीच.

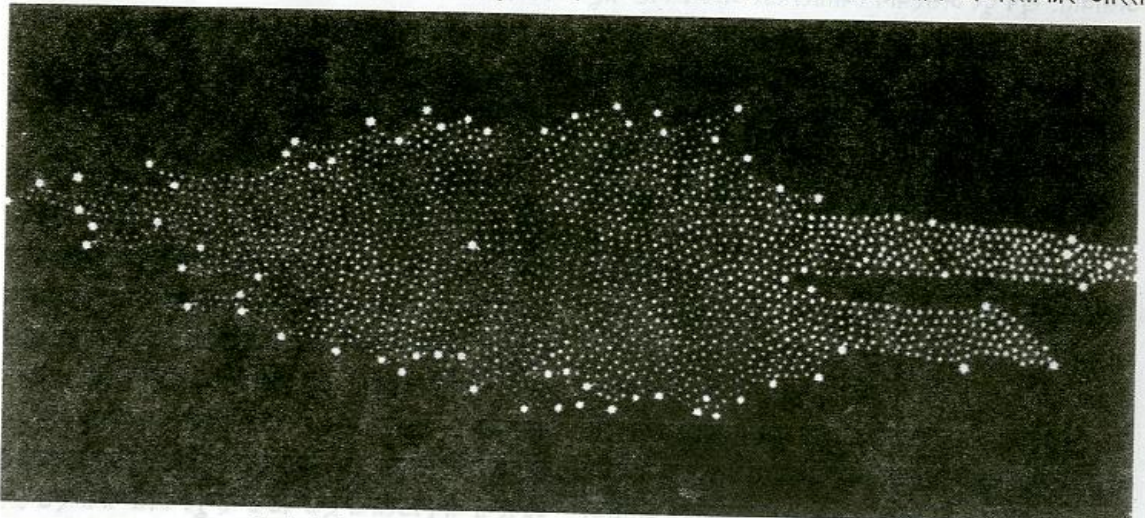
केप्लर : टायको ब्राहेच्या निरीक्षण नोंदींचा अभ्यास करून ग्रह सूर्याभोवती दीर्घवर्तुळाकार कक्षांत फिरतात हे बिनचूकरित्या तीन नियमांद्वारे दर्शवणे.

न्यूटन : गती आणि गुरुत्वाकर्षणाचे नियम मांडून ग्रहांच्या गतीची सखोल कारणमीमांसा करणे. न्यूटनचेच नियम वापरून त्याच्या समकालीन एडमंड हॅले याने धूमकेतूच्या कक्षांचे रहस्य उकलले.

वास्तविक आधुनिक विज्ञानाची चौकट न्यूटनपासून सुरू झाली असे म्हणायला हरकत नाही. निरीक्षणातून दिसलेल्या आकाशातील घटनांची कारणमीमांसा इथे पृथ्वीवर बसून ठरवलेल्या विज्ञानाच्या सिद्धांतांद्वारे होऊ शकते याची जाणीव मानवला न्यूटनने करून दिली.

* * *

गॅलिलिओच्या एक इंची दुर्बिणीपासून वाढत जाऊन दुर्बिणी अधिकाधिक कार्यक्षम होत गेल्या. भिंगांची जागा आरशांनी घेतली. कारण प्रकाश किरणे वळवून दूरस्थ प्रकाशस्रोताचे स्पष्ट बिंब बनवण्यात अन्वस्ताकार आरसे



हर्शेलने केलेला आकाशगंगेचा नकाशा केंद्रस्थानी चमकणारा सूर्य पहा.

मे. नंदादीप पेपर सेंटर, १७२ शनिवार पेठ, पुणे ४११०३०.

भिगांपेक्षा अधिक निर्दोष व प्रभावी ठरतात हे कालांतराने दिसून आले. अर्थात प्रचंड भिंगे किंवा आरसे वापरणाऱ्या दुर्बिणी लांबचे पल्ले गाठू शकल्या.

यूरेनस ग्रहाचा शोधक विल्यम हर्शेल हा (१७३८-१८२२) राजाश्रय मिळाल्याने खगोल विज्ञानाचा पल्ला पुष्कळ वाढवू शकला. हर्शेलने लांबच्या ताऱ्यांची निरीक्षणे ४८ इंच व्यासाचा आरसा असलेल्या दुर्बिणीने केली आणि हळूहळू त्याने आपल्याला रात्री दिसणाऱ्या आकाशगंगेच्या अध्ययनातून तारकाविश्वाची कल्पना मांडली. 'आकाशगंगा' म्हणजे असंख्य ताऱ्यांचे एक तारकाविश्व असून सूर्य तिच्या केंद्रस्थानी आहे असे हर्शेलचे प्रतिपादन होते.

वास्तविक, तारे आहेत किती अंतरावर? पराशय पद्धतीने म्हणजे सूर्याभोवती फिरताना पृथ्वी आपले स्थान बदलते त्यामुळे ताऱ्यांच्या दिशेत घडणारे सूक्ष्म परिवर्तन मापून ताऱ्यांची अंतरे ठरवणे शक्य झाले. आणि पृथ्वी स्थिर नाही हे सप्रमाण सिद्ध करता आले. सर्वप्रथम १८३८ मध्ये बेसेल याने ६१-सिग्नी ताऱ्यांचे अंतर ह्या पद्धतीने मोजले. ते जवळजवळ १० प्रकाशवर्षे भरले.

जॉन लॅम्बर्ट, इम्यानुएल कांट प्रभृती काही खगोल वैज्ञानिकांना विश्व आणखीही मोठे असल्याची चुणूक लागत होती. आपल्या आकाशगंगेप्रमाणेच अनेक इतर तारकाविश्वे असावीत. खूप दूर असल्याने त्यांतील तारे आपण स्पष्ट पाहू शकत नाही- म्हणून ही तारकाविश्वे पुंजक्याप्रमाणे दिसतात. 'बेट विश्वाची कल्पना' म्हणून कांट ने अथांग सागरात असलेल्या बेटांची उपमा ह्या पुंजकेवजा तारकाविश्वाना दिली. आपल्या जीवनकाळात ही कल्पना मान्य झाल्याचे पाहणे कांटच्या (१७२८-१७७७) नशिबी नव्हते. ती मान्यता मिळायला विसावे शतक उजडावे लागले.

विसाव्या शतकाच्या पहिल्या पंचवीस वर्षांत दोन पूर्वग्रहांना निरीक्षणांनी त्याज्य ठरवले. पहिला पूर्वग्रह हर्शेल पासून चालत आलेला, तो असा की आपला सूर्य आकाशगंगेच्या केंद्रस्थानी आहे. हालीं शॅपली यांनी ताऱ्यांची अंतरे मोजून असे सिद्ध केले की, हर्शेलचा नकाशा फार मर्यादित स्वरूपाचा आणि म्हणून चुकीचा होता. वास्तविक सूर्य आकाशगंगेच्या केंद्रापासून बराच लांब सुमारे ३०,००० प्रकाशवर्षे अंतरावर आहे. म्हणजे प्रकाशाला केंद्रापासून येथपर्यंत यायला ३०,०००

वर्षे लागतात. (सूर्यप्रकाश पृथ्वीपर्यंत पोचायला केवळ ५०० सेकंद लागतात.)

दुसरा पूर्वग्रह असा होता की, आकाशात आपल्याला जे काही दिसते ते सर्व आपल्याच आकाशगंगेत आहे. बहुतेक खगोल निरीक्षक, हालीं शॅपलीसुद्धा ह्याच मताचे होते. कांट, लॅम्बर्ट, प्रॉक्टर आदी काही अल्पमतातले शास्त्रज्ञ मात्र काही पुंजके म्हणजे सुदूर तारकाविश्वे अशी कल्पना उचलून धरत होते. एडविन हबल ह्या शास्त्रज्ञाने माउंट विल्सनवरील नव्याने प्रस्थापित अडीच मीटर व्यासाचा आरसा असलेली दुर्बिणी वापरून कांटची 'बेट विश्वांची' कल्पना प्रस्थापित केली. हबलने आणखी एक महत्त्वाचा शोध लावला, तो आपण पुढे पाहणार आहोतच.

खगोल विज्ञानाला एक महत्त्वाचा निरीक्षणात्मक मार्ग सापडला जेव्हा भौतिक शास्त्रात वर्णपटाचा वापर सुरू झाला. वास्तविक न्यूटनने सूर्यप्रकाशाचे सात रंगांत विभाजन करून दाखवले तेव्हा त्याने काचेचा लोलक वापरला होता. त्यापुढे जाऊन शास्त्रज्ञांनी स्पेक्ट्रोग्राफ, स्पेक्ट्रोमीटर सारखी उपकरणे बनवून वर्णपटाच्या विविध रंगांच्या प्रकाशलहरींची लांबी (वेव्हलेंथ) मोजली. १८१४-१५ मध्ये फ्रॉनहॉफरने ह्या मार्गाने सूर्यप्रकाशाची छाननी केली तेव्हा त्याला त्यात काळ्या रेषा आढळल्या. सूर्यपृष्ठावर किंचित थंड (तुलनेनेच!) वायूंमध्ये प्रकाश शोषला जातो तेव्हा अशा रेषा दिसतात. पुढे विसाव्या शतकात क्वांटम सिद्धांताद्वारे ह्या रेषांच्या उगमाचा उलगडा झाला आणि त्यातून कुठले वायू कुठल्या शोषणरेषा निर्माण करतात हे समजू शकले. अशा मार्गाने खगोल वैज्ञानिक तारकांच्या पृष्ठभागावरील अणूंची माहिती मिळवू लागले.

अशा तऱ्हेनेच १८६८ मध्ये आंध्रप्रदेशात गुंटूर येथील निरीक्षणातून खग्रास सूर्यग्रहणाच्या वेळी दिसणाऱ्या फ्लॅंशच्या वर्णपटाचा अभ्यास करून त्यात दिसणारी पिवळी चमकदार रेषा हीलियम नावाच्या त्यावेळी प्रथमच सापडलेल्या मूलद्रव्याच्या अणूतून उद्भवली असे निदान जानसेन ह्या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने आणि नॉर्मन लॉकियर ह्या ब्रिटिश शास्त्रज्ञाने केले. सूर्यात सापडला (-सूर्याला ग्रीक भाषेत हीलियोस म्हणतात) म्हणून हीलियम हे नाव! पुढे हीलियम पृथ्वीवरील प्रयोगशाळेत आपल्या वायुमंडलाचा एक घटक म्हणून रॅमसे यांनी १८९५ मध्ये शोधला. ताऱ्यांतील वातावरणात थंड अणूंमधून काळ्या

हार्दिक शुभेच्छा : श्रीमती तारामती ह. पाठक, गंगापूर रोड, नाशिक ४२२००५.

रेषा शोषणाने तर चमकदार रेषा अधिक तप्त अणूतून येतात. अशा दोन्ही प्रकारच्या रेषांचा खगोल निरीक्षकांना फायदा झाला.

* * *

आधुनिक खगोल भौतिक शास्त्र (अॅस्ट्रोफिजिक्स) ची सुरुवात झाली, भारतीय शास्त्रज्ञ मेघनाद साहा यांच्या समीकरणाने. साहांचे 'आयोनायझेशन समीकरण', एखाद्या तप्त वायूत किती प्रमाणात मोकळे इलेक्ट्रॉन, किती प्रमाणात आयन (म्हणजे इलेक्ट्रॉन काढलेले अणू) आणि किती प्रमाणात पूर्ण अणू आहेत ते आणि वायूचे तापमान यांचा संबंध जोडते. त्यामुळे ताऱ्यांच्या वर्णपटातील रेषांचा सखोल अभ्यास करून त्यांचे पृष्ठीय तापमान मोजणे सुकर झाले. हा शोध सुमारे १९२० चा.

त्यातून ताऱ्यांचे अंतरंग कसे असेल, याचा अभ्यास जीन्स, एडिंग्टन, मिल्न, फाडलर प्रभृतींनी सुरू केला. १९२५ च्या आसपास एडिंग्टनने मांडलेली समीकरणे आजही ताराभौतिकशास्त्रात पायाभूत मांडली जातात. त्यातूनच एडिंग्टनने भाकीत केले की, सूर्यासारख्या ताऱ्याच्या पोटात अणुभट्टी चालू असून हायड्रोजन पासून हीलियम बनवण्याची क्रिया तेथे चालू आहे. अशा 'न्यूक्लियर फ्यूजन' क्रियेतून उद्भवणारी ऊर्जा सौर ऊर्जेच्या रूपात (प्रकाशरूपात) बाहेर पडते. हायड्रोजन बॉम्बसाठी हीच क्रिया स्फोटात्मक रूपात वापरली जाते.

ताऱ्यांच्या अंतरंगात मूलद्रव्यनिर्मिती सतत चालू असते, हे खगोल भौतिकशास्त्रज्ञांनी ह्या पुढे जाऊन दाखवले. हीलियम, कार्बन, ऑक्सिजन, निऑन इत्यादी मूलद्रव्ये लोखंडापर्यंत, ताऱ्यांत निर्माण होतात आणि पुढे तारकास्फोटात बाहेर फेकली जातात. अशा वेळी आणखी मोठ्या अणुभाराची मूलद्रव्येही बनतात. हे मागरिट बर्बिज, जेफरी बर्बिज, फ्रेड हॉएल आणि विलियम फाडलर यांनी १९५० मध्ये दाखवले. ताऱ्यांत आयुर्मानामध्ये होणारे बदल आणि आतील मूलद्रव्यनिर्मिती ही गणिते नव्याने येणाऱ्या संगणकीय युगामुळे सुकर झाली आणि हे संशोधन आज जवळ जवळ पूर्णत्वाला पोहोचले आहे.

* * *

विसाव्या शतकात ताऱ्यांचे रहस्य उकलले. आधी सांगितल्याप्रमाणे ह्या शतकाच्या प्राथमिक काळात विश्वात आकाशगंगेचे स्थान आणि आकाशगंगेत सूर्याचे स्थान ह्या दोन्हीची कल्पना मानवाला आली. आपल्या आकाशगंगेबाहेर

तशीच असंख्य तारकाविश्वे पसरली आहेत याची कल्पना हबलच्या निरीक्षणांनी आणून दिली. त्याच शास्त्रज्ञाने आपला सहकारी हमसन याच्याबरोबर अनेक तारकाविश्वांचे वर्णपट घेतले. त्यांतून त्याला एक नवा नियम सापडला. हबलचा नियम म्हणून ओळखला जाणारा तो नियम थोडक्यात असा :

काही निवडक अपवाद सोडल्यास सर्व वर्णपटातल्या काळ्या रेषा लाल रंगाकडे सरकलेल्या दिसतात. त्यावरून असे प्रकाशस्रोत आपल्यापासून दूर जात आहेत असे डॉप्लरचा सिद्धांत सांगतो. दूर जाण्याचा वेग, रेषा किती सरकल्यात त्यावरून समजतो. तसेच हे स्रोत किती मंद वाटतात त्यावरून त्यांचे आपल्यापासूनचे अंतर ठरवता येते. हबलचा निष्कर्ष असा की, दूर जाण्याचा वेग अंतराच्या समप्रमाणात असतो. जर तारकाविश्व 'अ', तारकाविश्व 'ब' च्या तुलनेत दुप्पट अंतरावर असेल तर 'अ' चा दूर जाण्याचा वेग 'ब' च्या दुप्पट असेल.

याचा अर्थ असा नव्हे की आपली आकाशगंगा एका खास ठिकाणी असून विश्वात तिचे विशेष महत्त्व आहे. उलट प्रत्येक तारकाविश्वतून पाहिल्यास तेथून असेच दृश्य (म्हणजे इतर तारकाविश्वे हबलनियमानुसार दूर जातानाचे) दिसेल.



पॅंझियास आणि विल्सन

हार्दिक शुभेच्छा : श्री. अशोक नैनमल जैन, बाजारपेठ, अलिबाग.

शास्त्रज्ञांनी असा निष्कर्ष काढला आहे की, विश्वच प्रसरण पावत आहे.

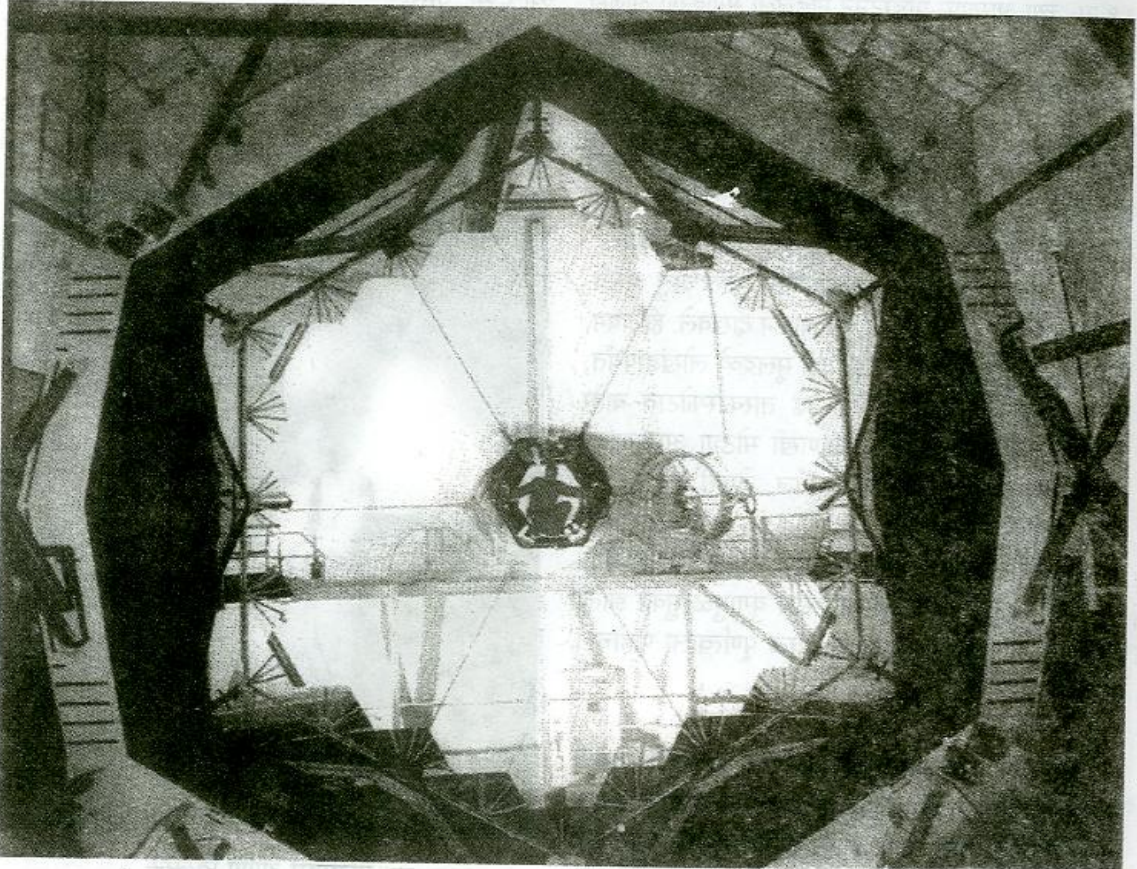
प्रसरणशील विश्वाची कारणमीमांसा करताना आइनस्टाइनच्या सिद्धांतानुसार केलेल्या प्रतिमानांनुसार विश्वाची सुरुवात एका महास्फोटात झाली असून त्याच्या प्रसरणाचे कारण स्फोटजनित वेग! अलेक्झांडर फ्रीडमन ह्या रशियन शास्त्रज्ञाने १९२२-२४ च्या दरम्यान अशी प्रतिमाने गणित वापरून शोधून काढली. ह्या फ्रीडमनजनित प्रतिमानांचे समर्थन करणारा एक पुरावा १९६५ मध्ये पुढे आला.

महास्फोटातून गतीची ऊर्जा उत्पन्न झाली, तशीच उष्णता पण. अशा विश्वाचे तापमान आदिकालात प्रचंड असणार. कालानुसार प्रसरणामुळे त्यात घट झाली. जॉर्ज गॅमॉ, राल्फ अल्फर आणि रॉबर्ट हरमन ह्या तिघा शास्त्रज्ञांनी आदिकालातल्या

विश्वभट्टीत सर्व रासायनिक मूलद्रव्ये शिजून तयार झाल्याचा दावा केला होता. तो केवळ हलक्या मूलद्रव्यांबाबतच यशस्वी ठरला, तरी त्या सुमारास १९४८ मध्ये अल्फर आणि हर्मन यांनी असेही भाकीत केले की पूर्वीच्या तप्तावस्थेतले प्रारण आज विश्वात शीत स्थितीत असावे आणि ह्या दाव्याला आर्नो पेंझियास आणि रॉबर्ट विल्सन ह्या शास्त्रज्ञांना सापडलेल्या सूक्ष्मतरंगांच्या पार्श्वभूमीद्वारे पुष्टी मिळाली. ते साल होते १९६५ आणि तेव्हापासून महास्फोटजनित विश्वाचा सिद्धांत बहुजनमान्य झाला.

* * *

विसाव्या शतकात ताऱ्यांव्यतिरिक्त अनेक प्रकाशस्रोतांचे शोध लागले. अतिशय नियमितपणे स्पंदनलहरी प्रक्षिप्त करणारे पल्सार तारे, संपूर्ण तारकाविश्वापेक्षा अधिक प्रकाशवान



केक दुर्बिणीचा आरसा दहा मीटर व्यासाचा आहे. त्याच्या केंद्रस्थानी मनुष्य बसलेला पहा !

हार्दिक शुभेच्छा : मेहता स्टोअर्स, मारुती नाका, अलिबाग.

पण सूर्यमालेपेक्षा व्याप्ती जास्त नसलेले अतिघन क्वेसार, गामा किरणांचे महाप्रचंड स्फोट आदींनी खगोल भौतिक शास्त्रज्ञांपुढे सतत नवी आव्हाने उभी केली आहेत. हबल दुर्बीण अंतराळातून विश्वाचे अधिक स्पष्ट रूप दर्शवते; पृथ्वीवर दहा मीटर व्यासाच्या केक दुर्बिणींचे युगल आणि इतर मोठ्या दुर्बिणी त्यात भर घालीत आहेत. त्यातून आकाशगंगेबाहेरील विश्वाचे जे रूप हळू हळू स्पष्ट होत आहे, त्यावरून महास्फोटाचा सिद्धांत आणि फ्रीडमनची गणिती प्रतिमाने अपुरी पडत असल्याची जाणीव होत आहे. शास्त्रज्ञ जे. बी. एस. हाल्डेन यांनी म्हटले होते की विश्व आपण कल्पना करतो त्यापेक्षा चमत्कारिक तर आहेच पण ते आपण कल्पना करू शकू त्याही पेक्षा चमत्कारिक आहे.

२००१ साली नवे शतक, नवे सहस्रक सुरू होत आहे. विज्ञान तंत्रज्ञान यांचा वेग असाच चालू राहिला तर

विश्वाच्या निरीक्षणपद्धतीत पुष्कळ सुधार होतील. परंतु याचा अर्थ मानवापुढची रहस्यमालिका संपेलच असे नाही. नव्या निरीक्षणातून आणि अधिक प्रगल्भ विज्ञानातून प्रश्न सुटण्यात मदत होते असे आजवरचा अनुभव सांगतो. परंतु त्यामुळे नवे प्रश्नही उभे राहतात, ज्यांची पूर्वी आपल्याला कल्पना नव्हती. तेव्हा आजची गूढे उकलली तर विश्व आपल्यापुढे नवी गूढे आणून टाकेल. हाल्डेनच्या उक्तीचा मथितार्थ हाच आहे.

तेव्हा वैज्ञानिकाने आपण आता सर्व प्रश्न सोडवण्याइतपत मजल मारली आहे असा समज करून घेऊ नये. एकोणिसाव्या शतकाअखेर असा समज होता आणि त्यानंतर पुंजवाद (क्वांटम थियरी) आणि सापेक्षतावाद (रिलेटिव्हिटी थियरी) यांचे शोध लागले. आता एकविसावे शतक कोणती नवी आव्हाने घेऊन येत आहे?