

उपनिषदकारांनी विश्वाबद्दल अनेक प्रश्न विचारले.

आजचे खगोलविज्ञान त्यांचाच किता गिरवत आहे.

पृथ्वीतलावर पसरलेली

पृथ्वीतलाखाली खोल खाणीत रचलेली

आणि अंतराळात पाठवलेली वेगवेगळी वेधयंत्रे

एका प्रश्नाचे

उत्तर शोधताना नवे

दहा प्रश्न उपस्थित

करतात.

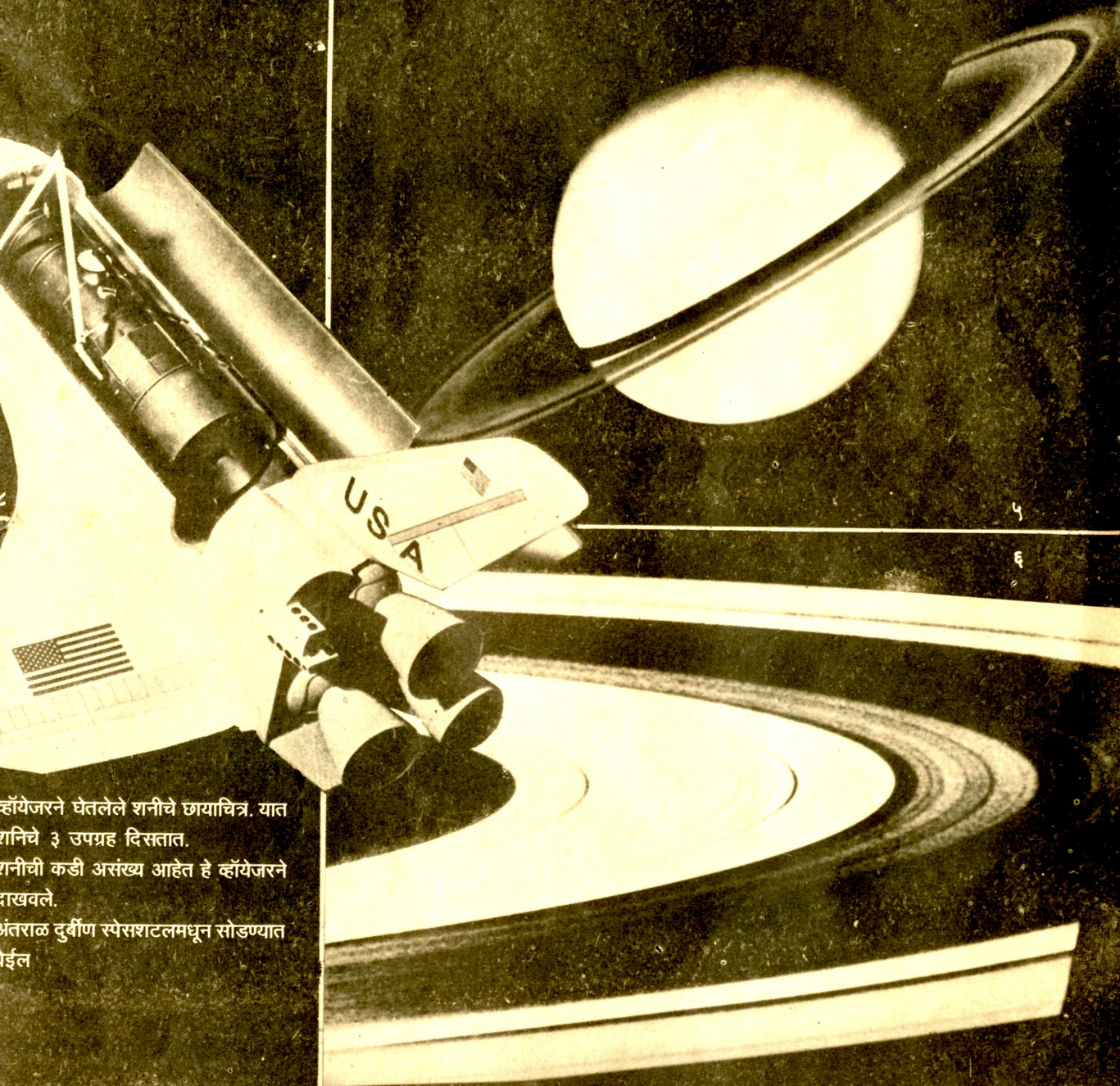
याचा अर्थ

खगोलशास्त्र हा विषय

प्रगतीच्या मार्गावर आहे.

विश्वाचा आदिशोध

जयंत
नारळीकर



व्हॉयेजरने घेतलेले शनीचे छायाचित्र. यात शनिचे ३ उपग्रह दिसतात.

शनीची कडी असंख्य आहेत हे व्हॉयेजरने दाखवले.

अंतराळ दुर्बीण स्पेसशटलमधून सोडण्यात येईल

विश्वाचा आदिकाल

मार्च १९७६ च्या 'किलॉस्कर'मध्ये 'अंतराळ आहे तरी कसे?' ह्या शीर्षकाखाली मी अंतराळाबद्दलच्या वैज्ञानिक माहितीचा आढावा घेतला होता. त्या दरम्यानच्या तीन सहस्र दिवसांच्या काळात अंतराळाबद्दलच्या आपल्या ज्ञानात (आणि अज्ञानात) किती भर पडली आहे? अंतराळ तंत्रज्ञान, दळणवळण, गणकयंत्रे आणि मूलभूत विज्ञान यांच्यात झालेल्या नेत्रदीपक प्रगतीचा कितपत फायदा खगोलशास्त्राला मिळाला आहे? ज्या खगोलशास्त्राने १९६० च्या दशकात क्वेसार आणि पल्सार यांचा शोध लावला आणि १९७० च्या दशकात कृष्ण-विवराच्या कल्पनेला प्रतिष्ठेच्या जागी बसवले त्या खगोलशास्त्राच्या पोतडीत १९८० च्या दशकात कोणत्या सुरस आणि चमत्कारिक गोष्टी आहेत?

ह्या प्रश्नांची उत्तरे मिळवण्यासाठी प्रथम गेल्या ८/९ वर्षातील नवीन प्रकल्पांची थोडक्यात माहिती असणे आवश्यक आहे. पृथ्वीतलावरून आणि अंतराळातून, दोनही मार्गांनी वैज्ञानिकांनी अंतराळाचे वेध घेणारे प्रकल्प राबवले आहेत. ह्या दोन मार्गांनी मिळालेली माहिती परस्परपूरक असली तरी अद्याप विश्वाची कोडी उलगडण्यात परिपूर्ण झाली नाही, ह्याची कल्पना ह्या लेखाअंती वाचाकाला येईलच. परंतु ज्ञाना-बरोबरच अज्ञानात वाढ होणे हे पण वैज्ञानिक प्रगतीचे लक्षण समजावे.

प्रकाश-किरणांची वेगवेगळी रूपे

अंतराळाची माहिती पुरवणारे प्रमुख साधन म्हणजे प्रकाश किरणे. १८६४ साली मॅक्सवेल

ह्या शास्त्रज्ञाने मांडलेल्या समीकरणातून प्रकाश हा विद्युच्चुंबकीय लहरींचा प्रकार आहे हे सिद्ध झाले. ज्याप्रमाणे तळ्यातील पाण्यात खडा टाकल्यावर त्यात लहरी निर्माण होतात आणि पाण्याची पातळी खालीवर होते त्याचप्रमाणे प्रकाशाच्या झोतामध्ये विद्युत् आणि चुंबकीय क्षेत्रांची पातळी खालीवर होते. चित्रक्रमांक १ मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे ह्या उच्चनीचपणाच्या नागमोडी आकाशाला विद्युच्चुंबकीय लहर म्हणतात.

प्रकाशाचे विविध रंग असतात. इंद्रधनुष्यात दिसणाऱ्या सात रंगांचा प्रकाश—जांभळ्यापासून लालपर्यंत—वेगवेगळ्या लांबीच्या लहरींपासून बनलेला असतो. लाल लहरींची लांबी सर्वात जास्त तर जांभळ्या लहरींची लांबी सर्वात कमी. ही लांबी मोजायला सोयीस्कर एकक म्हणजे मीटर नसून मीटरचा अब्जांश त्याला नॅनोमीटर म्हणतात. मानवी डोळ्यांना दिसणारा प्रकाश एकंदरीत ४०० ते ८०० नॅनोमीटर लांबीच्या लहरींचा बनलेला असतो.

ह्या पर्यायेपलीकडे गेले की मानवी डोळ्यांना न दिसणारी प्रकाशाची अन्य रूपे आढळतात. लहरींची लांबी ४०० नॅनोमीटरहून कमी करत गेले की क्रमाने अल्ट्राव्हायोलेट (अतिनील), क्ष-किरणे आणि गामा किरणे आणि ८०० नॅनोमीटर पलीकडे वाढत्या लांबीने इन्फ्रारेड (अभिरक्त), मायक्रोवेव्ह (सूक्ष्मतरंग) आणि रेडिओ लहरी हे प्रकाशाचे विविध प्रकार आहेत.

ह्या विविध प्रकारांपैकी पृथ्वीतलावरून केवळ दृश्य प्रकाश, रेडिओ लहरी आणि इन्फ्रारेडचे काही भाग, इतकेच खगोल वेधाकरता वापरता

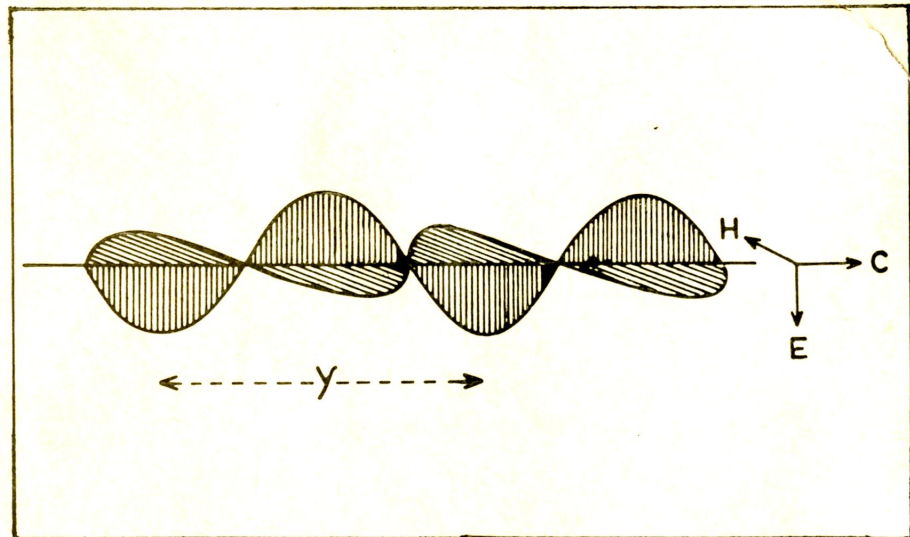
येतात. इतर लहरी बाहेरील विश्वातून पृथ्वीतलापर्यंत पोचू शकत नाहीत. पृथ्वी-भोवतालच्या वायुमंडलात त्या लहरी शोषल्या जातात. म्हणून अंतराळतंत्रज्ञान उपलब्ध होण्यापूर्वी मानवाला अशा लहरी वेधाकरता वापरता येत नव्हत्या.

प्रकाशाची ही वेगळी रूपे लक्षात घेऊन आणि त्यांच्या वेधांवर घातलेल्या वरील मर्यादेची दखल घेतली तर पृथ्वीतलावरून आणि अंतराळातून घेण्यात आलेल्या वेधांमधले फरक लक्षात येतात. दृश्य प्रकाश आणि रेडिओ लहरी वापरणाऱ्या वेधशाळा पृथ्वीतलावर आहेत तर क्ष-किरणे, गामा-किरणे, इन्फ्रारेड इत्यादी वापरणारी उपकरणे अंतराळातील कृत्रिम उपग्रहात असतात. अशांपैकी काही महत्त्वाच्या वेधशाळांची थोडक्यात माहिती खाली दिली आहे.

पृथ्वीतलावरच्या दुर्बिणी

दुर्बिणीचा खगोलशास्त्रासाठी वापर प्रथम गॅलिलियोने केला. मोठा वक्रगोलाकार आरसा वापरून दुर्बिणी बनवण्याची कल्पना न्यूटनच्या डोक्यातून निघाली. परंतु तिचा वापर करण्यामागे अनेक तांत्रिक अडचणी आहेत, हे त्याच्या आणि त्याच्या समकालीन खगोलशास्त्रज्ञांच्या अनुभवास आले. त्यामुळे आरशाची दुर्बिणी अनेक दशके केवळ कल्पनेतच राहिली. आधुनिक काळात मात्र त्या अडचणी दूर करणे शक्य झाले. विसाव्या शतकातील दुर्बिणी मोठा आरसा वापरून बनवण्यात येतात. चित्र क्रमांक २ मध्ये दाखवलेली हेल दुर्बिणी-पाच मीटर व्यासाचा आरसा असलेली—सध्या जगातल्या कार्यक्षम

१. प्रकाश किरणाचे स्वरूप लहरींचे असते. त्यांत विद्युत्प्रभाव आणि चुंबकीय प्रभाव नियमित पणे खालची आणि वरची पातळी गाढत असतात. चित्रात दाखवल्याप्रमाणे सर्वोच्च पातळी असलेल्या दोन बिंदूंमधले अंतर त्या लहरींची लांबी दर्शवते. त्याचप्रमाणे कुठल्याही ठिकाणी दर सेकंदाला विद्युच्चुंबकीय क्षेत्राची पातळी किती वेळा खालीवर होते त्याला लहरींची वारंवारता (फ्रीक्वेंसी) म्हणतात. फ्रीक्वेंसी आणि लांबी (वेव्हलेंग्थ) चा गुणाकार केला की प्रकाशाचा वेग समजतो. $E =$ विद्युत्क्षेत्राची दिशा, $H =$ चुंबकीय क्षेत्राची दिशा, $C =$ लहरीच्या प्रवाहाची दिशा.



दुर्बिणीपैकी सर्वात मोठी आहे. (रशियातील ६ मीटर व्यासाचा आरसा असलेली दुर्बिण काही तांत्रिक दोषामुळे मागे पडली.)

परंतु मोठी दुर्बिण बनवणे सोपे नाही. कारण तिच्या आरशाचा पृष्ठभाग गुळगुळीत व पूर्णतया निर्दोष असला पाहिजे. अवाढव्य आरसे वजनामुळे वाकतात आणि त्यांच्यात दोष निर्माण होतो. ह्यावर तोडगा म्हणून १९७९ साली नवीन प्रकारची दुर्बिण—अनेक आरशांची दुर्बिण (Multiple Mirror Telescope) बनवण्यात आली. अॅरिझोनात माउंट हॉपकिन्सवरची ही दुर्बिण चित्रक्रमांक ३ मध्ये पहा.

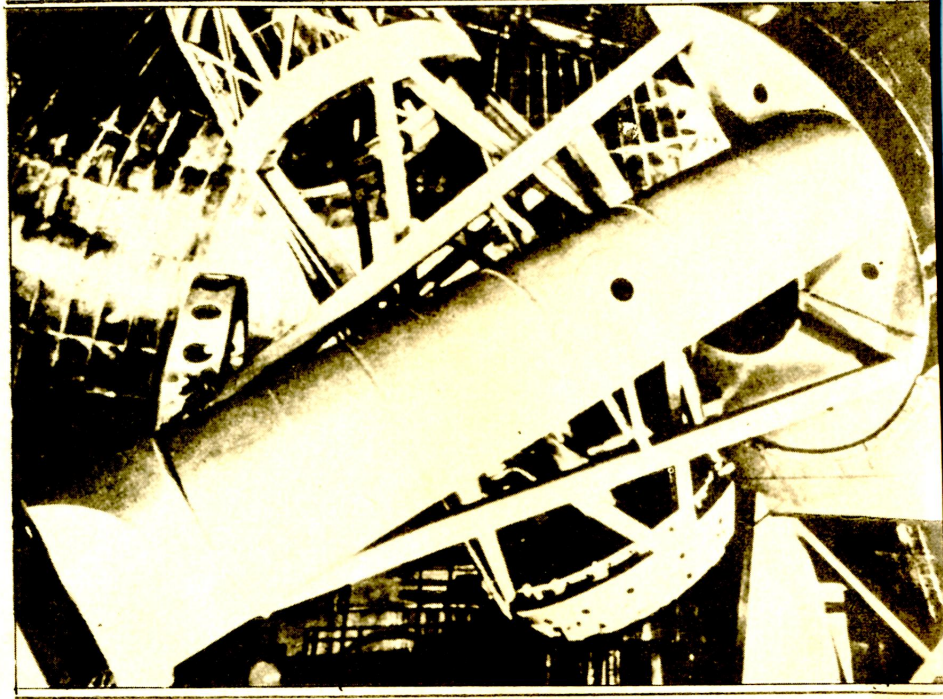
MMT मध्ये सहा वक्रगोलाकार छोटे आरसे (प्रत्येक आरसा १.७ मीटर व्यासाचा) आपापली यंत्रणा वापरून आकाशस्य वस्तूची बिंबे तयार करतात. ही सहा बिंबे एकत्र आणून संयुक्त बिंब तयार करायची सोय MMT मध्ये आहे. हे काम गणकयंत्राच्या मदतीने केले जाते व त्यामुळे MMT ची प्रकाशग्रहणक्षमता ४।१ मीटर व्यासाच्या आरशाइतकी आहे.

गणकयंत्रांचा उपयोग गेल्या दहा वर्षात प्रकर्षाने वेधशाळांत होऊ लागला आहे. MMT शिवाय इतर जुन्या दुर्बिणीसुद्धा अनेक वेधकार्यासाठी गणकयंत्रे वापरू लागल्या आहेत. पूर्वी छायाचित्रांद्वारे आकाशातल्या तारका टिपल्या जात. आता छायाचित्राशिवाय इलेक्ट्रॉनिक मार्गाने चित्रे उमटवणे शक्य झाले आहे. चार्ज-कपल्ड-डिव्हाइस (CCD) उपकरण अतिशय पुसट दिसणाऱ्या तारकांची बिंबे उमटवू शकते.

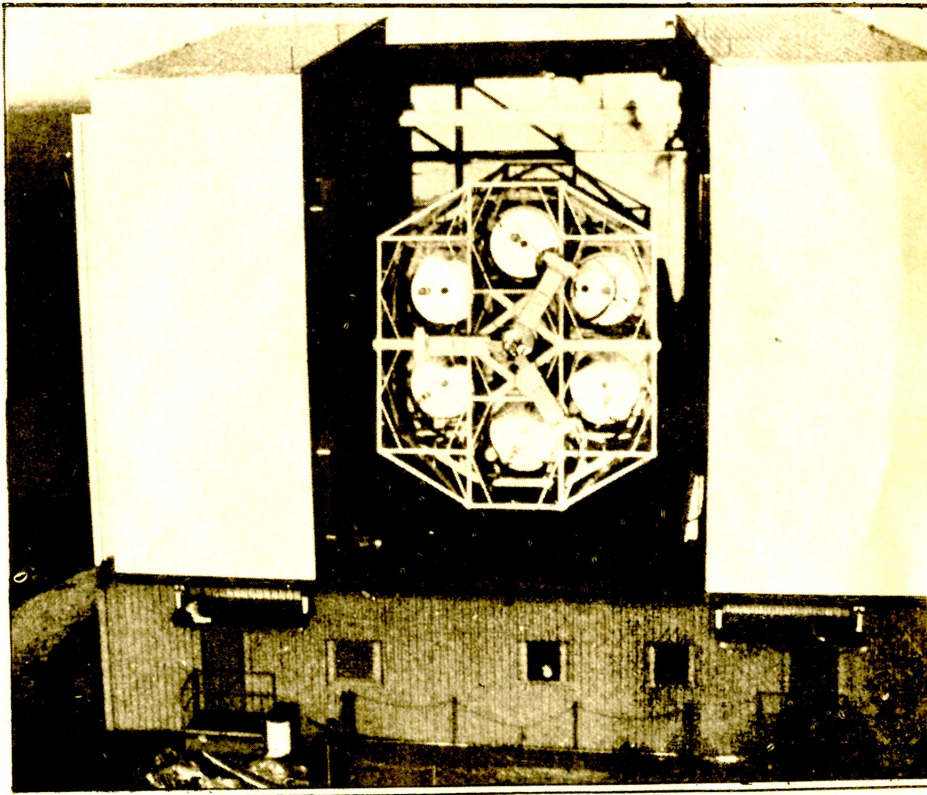
पुढील पिढीच्या दुर्बिणी कशा असतील? टेक्सस व कॅलिफोर्निया येथे दहा व पंधरा मीटर व्यासाच्या दुर्बिणीच्या योजना आखणे चालू आहे. नॅशनल न्यू टेक्नॉलॉजी टेलिस्कोप (NNTT) कसा असावा ह्याबद्दल अमेरिकेत विचार विमर्श होत आहे.

दृश्य प्रकाशाच्या दुर्बिणीच्या किंचित आधीच रेडिओ दुर्बिणींनी आधुनिक गणकयंत्राच्या क्रांतीचे महत्त्व ओळखले होते. १९७० च्या आसपास हजारां किलोमीटरवरील रेडिओ दुर्बिणी परस्पराना जोडून एक मोठी आधाररेषा (Baseline) तयार करून आकाशातल्या रेडिओ स्रोतांचे बारकाईने वेध घेण्यास सुरवात झाली.

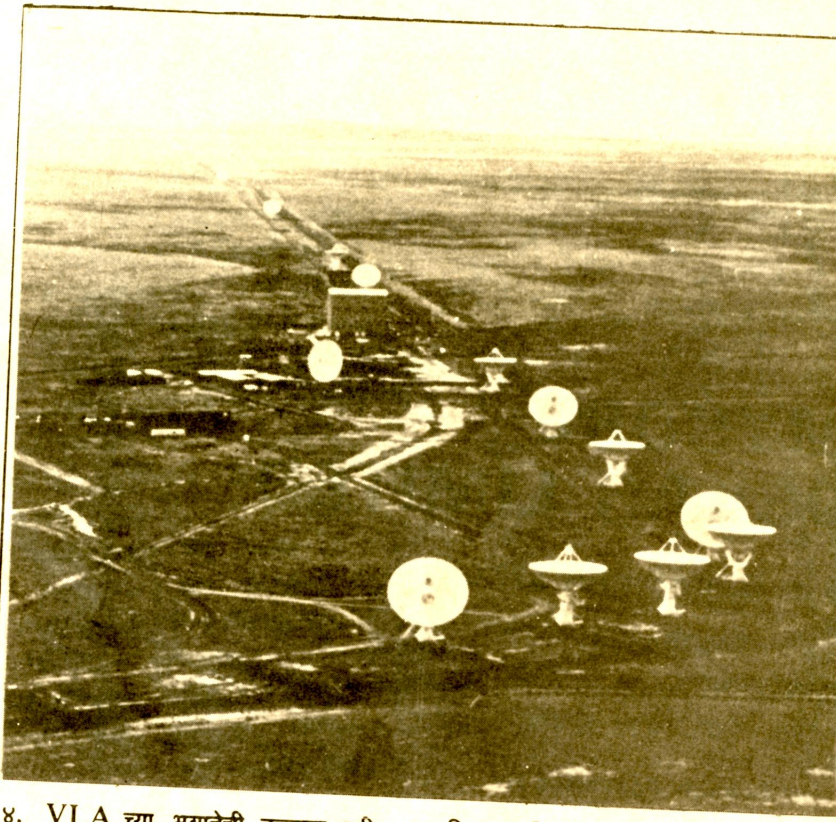
एखादी वस्तू लांबून पाहिली की तिचे वेगवेगळे भाग स्पष्ट दिसत नाहीत. झाडापासून लांब



२. दक्षिण कॅलिफोर्नियात पॅलोमार पर्वतावर असलेली ५ मीटर व्यासाची हेल दुर्बिण. ही बनवायला हेल नावाच्या शास्त्रज्ञाने पुढाकार घेतला होता. (हेल वेधशाळेच्या सौजन्याने)

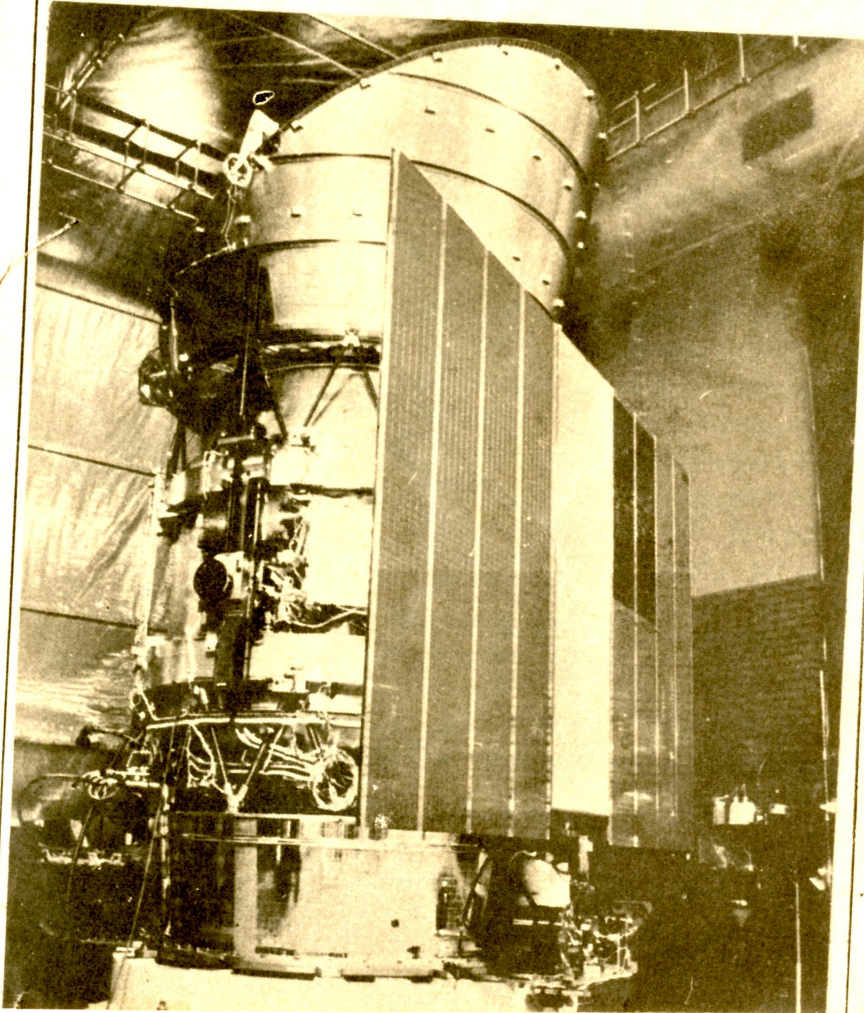


३. मल्टिपल मिरर टेलिस्कोप (MMT) चे चित्र. त्यांतील सहा घटक आरसे मिळून मोठ्या आरशाचे काम बजावतात.



४. VLA च्या भव्यतेची कल्पना वरील छायाचित्रातून मिळते.

७. IRAS मधील उपकरण



गेल्यावर त्याची पाने स्पष्ट दिसत नाहीत. जस जसे आपण जवळ जाऊ तसतसे ती पाने वेगळी दिसतात. पानांवरील रेषा स्पष्ट होऊ लागतात. पुणे-मुंबई अंतरावरून पाहिले तर केवळ एक मिलिमीटर लांबीची रेषा स्पष्ट दिसेल का? ती स्पष्ट दिसू शकेल इतकी क्षमता ह्या लांबून परस्परांतही सहकार्य करणाऱ्या रेडियो दुर्बिणीत आहे. व्हेरी लॉग बेसलाइन इंटरफेरॉमेट्री (VLBI) असे ह्या प्रकल्पांना म्हणतात.

रेडिओ दुर्बिणीचा विशाल प्रकल्प 'व्हेरी लार्ज अॅरे' (VLA) हा १९८० मध्ये न्यू मेक्सिकोत सोकोरो गावाजवळ आस्तित्वात आला. त्याचे छायाचित्र चित्र क्रमांक ४ मध्ये दाखवले आहे. Y आकाराच्या तीन फाटे असलेल्या रूढमार्गावर २७ दुर्बिणी मागे पुढे फिरत असतात. प्रत्येक फाटा २० किलोमीटर लांबीचा आहे या वरून एकंदर प्रकल्पाच्या भव्यतेची कल्पना येईल. VLA चे नियंत्रण सर्वस्वी गणकयंत्रावर अवलंबून आहे. रेडिओ स्त्रोतांच्या एकंदर आकाराचे चित्रीकरण VLA द्वारा करता येते. जरी रेडिओ लहरी डोळ्यांना दिसत नाहीत तरी त्यांचा उपयोग करून गणकयंत्र मूळ स्त्रोताचे चित्र पडद्यावर उमटवावे.

MMT किंवा VLA सारख्या आधुनिक वेधशाळा पाहून गॅलिलिओ, केप्लर, हर्शल सारख्या पूर्वीच्या खगोलविदांना काय वाटले असते? माणसाची जागा यंत्रांनी घेतली हे पाहून त्यांना वाईट वाटले असते का? आजच्या मोठ्या वेधशाळेत वेध घेऊ इच्छिणारे बव्हंशी यंत्रांवर आणि तंत्रांजांवर अवलंबून असतात. अनेकांचा प्रत्यक्ष दुर्बिणीशी संपर्कही येत नाही! पण नाइलाज आहे. कारण वेध घेण्याची क्षमता मानवापेक्षा यंत्रात जास्त आहे हे निर्विवाद आहे. मात्र वेधांचे कुठले प्रकल्प हाती घ्यायचे हे ठरवण्याचा अधिकार अद्याप मानवाकडेच आहे.

अंतराळातले प्रकल्प

सर्वसाधारणपणे अंतराळातून वेध घेणारे प्रकल्प दोन प्रकारचे असतात. एक प्रकार म्हणजे आकाशातल्या वस्तूजवळ अंतराळ यान पाठवून तिचे अवलोकन करणे. चंद्रावर अपोलो प्रकल्प. मंगळावर व्हायकिंग प्रकल्प इत्यादी उदाहरणे आपणा सर्वांना माहित आहेतच. दुसरा प्रकार पृथ्वीभोवती फिरणाऱ्या मानवनिर्मित उपग्रहात उपकरणे ठेवून वेध घेण्याचा आहे. १९७६ पासूनच्या काळात या दोनही प्रकारचे प्रकल्प गाजले. त्यांची थोडक्यात माहिती खाली पहा.

व्हॉयेजर-१ आणि २ अशी दोन अंतराळ याने

१९७५-७६ च्या काळात पृथ्वीवरून सोडण्यात आली. त्यांचा उद्देश सूर्यमालेतील बाहेरच्या ग्रहांचे जवळून दर्शन घेणे हा होता. एखादी यात्रा कंपनी अनेक तीर्थस्थानांची (किंवा दर्शनीय स्थळांची) यात्रा आखताना वेळ आणि पैसा, दोन्हीची बचत होईल अशा तऱ्हेने मार्ग आखते. तोच विचार व्हॉयेजर यानांच्या यात्रा आखताना करण्यात आला. बाहेरचे ग्रह, मुख्यतः गुरु, शनि, युरेनस, नेपच्यून इत्यादी सूर्याभोवती वेगवेगळ्या वेगाने फिरत असतात. त्यामुळे कधी ते एकमेकाजवळ असतात तर कधी उलट दिशेत व्हॉयेजरला फार मोठी चक्कर पडू नये म्हणून असा कालखंड निवडण्यात आला, जेव्हा हे ग्रह बहुतेक सूर्यमालेच्या एकाच भागात असतील. (अर्थात हे सर्व ग्रह एका सरळ रेषेत येणे जवळ जवळ अशक्यप्रायच आहे. १९८२ च्या वसंतऋतूत ते साधारण काटकोनात समाविष्ट होते हे वाचकांना आठवत असेल) व्हॉयेजर याने ठरल्याप्रमाणे गुरु व शनीजवळून गेली आणि आता युरेनसकडे जातील. व्हॉयेजरने घेतलेली शनीची छायाचित्रे उद्बोधक आहेत (पहा चित्र क्रमांक ५, ६)

प्रत्यक्ष अंतराळ यानातून निकट दर्शन घेणे हे सध्यातरी केवळ सूर्यमालेपर्यंतच मर्यादित आहे. हॅलेचा धूमकेतू १९८६ मध्ये येईल तेव्हा मार्च ८६ मध्ये त्याचे जवळून अवलोकन करायला रशिया, युरोप व जपान आणि चायना खास अंतराळ याने सोडणार आहेत. (पहा 'विज्ञानवेध, किलॉस्कर, फेब्रुवारी, १९८२) तरी सुद्धा लांबच्या वस्तूंचे वेध घेण्यासाठी दुसऱ्या मार्गाशिवाय पर्याय नाही.

इंटरनेशनल अल्ट्राव्हायोलेट एक्सप्लोरर (IUE) हे उपग्रहावरील उपकरण १९७६ साली अंतराळात धाडण्यात आले. अल्ट्राव्हायोलेट किरणे वापरून आकाशगंगेतील ताऱ्यांभोवतालच्या ढगातील रेणू, लांबच्या तारकाविश्वातून येणारा प्रकाश व क्वेसारच्या वर्णपटांचा अभ्यास हे IUE तर्फे घेतल्या जाणाऱ्या वेधांचे प्रमुख विषय आहेत.

१९७८ साली अल्बर्ट आइन्स्टाइन ह्या शास्त्रज्ञाची जन्मशताब्दी साजरी करायला (जन्म १८ मार्च १८७९) आइन्स्टाइन उपग्रह सोडण्यात आला. त्यात क्ष-किरणांची दुर्बीण ठेवण्यात आली. जवळजवळ २ वर्षे ही दुर्बीण कार्यक्षम राहिली, पण तिच्यातून मिळालेली माहिती खगोल शास्त्रज्ञांना अजूनही वैचारिक खाद्य पुरवित आहे. त्याची चर्चा ह्या लेखात पुढे येईल.

चित्र क्रमांक ७ मध्ये दाखवलेले उपकरण

इन्फ्रारेड अॅस्ट्रॉनमी सॅटेलाइट म्हणून ओळखले जाते (IRAS). हे उपकरण १९८३ च्या प्रारंभी सोडण्यात आले आणि वर्षभर काम बजावित होते. IRAS मधून मिळालेल्या माहितीचा आढावा देखील ह्या लेखात पुढे येईल.

परंतु अंतराळ खगोलशास्त्राचा सर्वात प्रतिष्ठेचा प्रकल्प अजून अनेक अडचणींमुळे लांबत आहे. अंतराळ दुर्बीण (Space

Telescope) १९८३ मध्ये अंतराळात पाठवण्यात येणार होती, परंतु आता ती तारीख १९८६ पर्यंत गेली आहे. ह्या प्रकल्पात सुमारे २-४ मीटर व्यासाची एक दुर्बीण कोलंबिया, व्हॉलेंजरसारख्या स्पेस शटल यानातून अंतराळात तरंगत ठेवली जाईल (पहा चित्र क्रमांक ८) व तिचे संचालन पृथ्वीवरून केले जाईल. ही दुर्बीण दृश्य प्रकाश व अल्ट्राव्हायोलेट (व थोडे इन्फ्रारेड)

१. पृथ्वीवरच्या दुर्बीणीतून घेतलेले छाया चित्र (डावीकडे) व अंतराळातून घेतलेले छायाचित्र (उजवीकडे) दाखवले आहे. उजवीकडेचे चित्र अधिक स्पष्ट आहे.

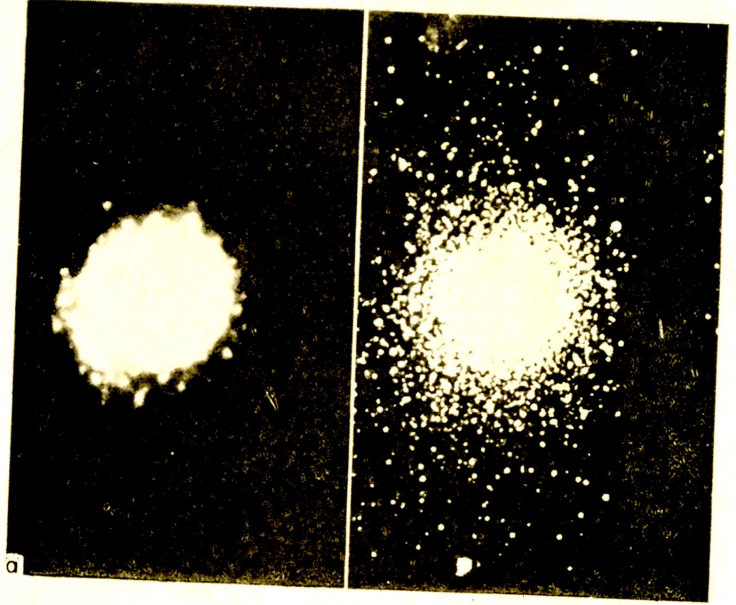
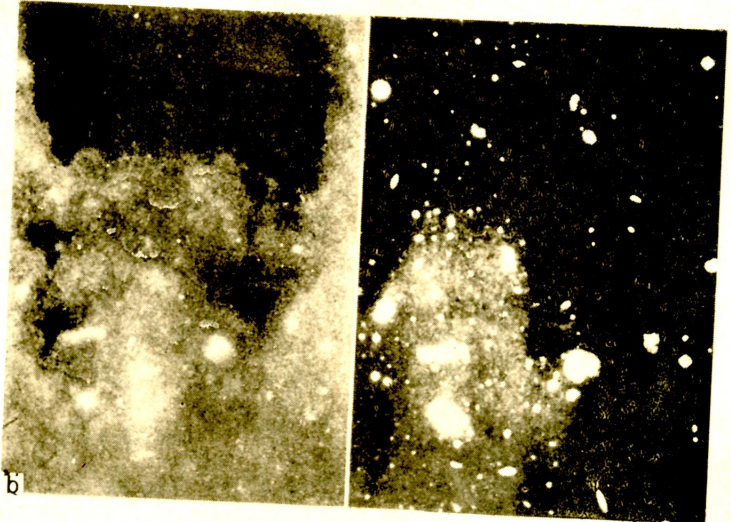


PLATE 1 (a) Illustrating the effect of an improvement of a factor of 7 in angular resolution on the observation of a globular cluster.

(b) The same comparison as in (a) for a region within the Hercules cluster of galaxies.



१९७५-७६ च्या काळात पृथ्वीवरून सोडण्यात आली. त्यांचा उद्देश सूर्यमालेतील बाहेरच्या ग्रहांचे जवळून दर्शन घेणे हा होता. एखादी यात्रा कंपनी अनेक तीर्थस्थानांची (किंवा दर्शनीय स्थळांची) यात्रा आखताना वेळ आणि पैसा, दोन्हीची बचत होईल अशा तऱ्हेने मार्ग आखते. तोच विचार व्हॉयेजर यानांच्या यात्रा आखताना करण्यात आला. बाहेरचे ग्रह, मुख्यतः गुरू, शनि, युरेनस, नेपच्यून इत्यादी सूर्याभोवती वेगवेगळ्या वेगाने फिरत असतात. त्यामुळे कधी ते एकमेकाजवळ असतात तर कधी उलट दिशेत व्हॉयेजरला फार मोठी चक्कर पडू नये म्हणून असा कालखंड निवडण्यात आला, जेव्हा हे ग्रह बहुतेक सूर्यमालेच्या एकाच भागात असतील. (अर्थात हे सर्व ग्रह एका सरळ रेषेत येणे जवळ जवळ अशक्यप्रायच आहे. १९८२ च्या वसंतऋतूत ते साधारण काटकोनात समाविष्ट होते हे वाचकांना आठवत असेल) व्हायेजर याने ठरल्याप्रमाणे गुरू व शनीजवळून गेली आणि आता युरेनसकडे जातील. व्हॉयेजरने घेतलेली शनीची छायाचित्रे उद्बोधक आहेत (पहा चित्र क्रमांक ५, ६)

प्रत्यक्ष अंतराळ यानातून निकट दर्शन घेणे हे सध्यातरी केवळ सूर्यमालेपर्यंतच मर्यादित आहे. हॅलेचा धूमकेतू १९८६ मध्ये येईल तेव्हा मार्च ८६ मध्ये त्याचे जवळून अवलोकन करायला रशिया, युरोप व जपान आणि चायना खास अंतराळ याने सोडणार आहेत. (पहा विज्ञानवेध, किलोस्कर, फेब्रुवारी, १९८२) तरी सुद्धा लांबच्या वस्तूचे वेध घेण्यासाठी दुसऱ्या मार्गाशिवाय पर्याय नाही.

इंटरनॅशनल अल्ट्राव्हायोलेट एक्सप्लोरर (IUE) हे उपग्रहावरील उपकरण १९७६ साली अंतराळात धाडण्यात आले. अल्ट्राव्हायोलेट किरणे वापरून आकाशगंगेतील ताऱ्यांभोवतालच्या ढगातील रेणू, लांबच्या तारकाविशवातून येणारा प्रकाश व क्वेसारच्या वर्णपटांचा अभ्यास हे IUE तर्फे घेतल्या जाणाऱ्या वेधांचे प्रमुख विषय आहेत.

१९७८ साली अल्बर्ट आइन्स्टाइन ह्या शास्त्रज्ञाची जन्मशताब्दी साजरी करायला (जन्म १४ मार्च १८७९) आइन्स्टाइन उपग्रह सोडण्यात आला. त्यात क्ष-किरणांची दुर्बीण ठेवण्यात आली. जवळजवळ २ वर्षे ही दुर्बीण कार्यक्षम राहिली, पण तिच्यातून मिळालेली माहिती खगोल शास्त्रज्ञांना अजूनही वैचारिक खाद्य पुरवित आहे. त्याची चर्चा ह्या लेखात पुढे येईल.

चित्र क्रमांक ७ मध्ये दाखवलेले उपकरण

इन्फ्रारेड अँस्ट्रॉनमी सॅटेलाइट म्हणून ओळखले जाते (IRAS). हे उपकरण १९८३ च्या प्रारंभी सोडण्यात आले आणि वर्षभर काम बजावित होते. IRAS मधून मिळालेल्या माहितीचा आढावा देखील ह्या लेखात पुढे येईल.

परंतु अंतराळ खगोलशास्त्राचा सर्वात प्रतिष्ठेचा प्रकल्प अजून अनेक अडचणींमुळे लांबत आहे. अंतराळ दुर्बीण (Space

Telescope) १९८३ मध्ये अंतराळात पाठवण्यात येणार होती, परंतु आता ती तारीख १९८६ पर्यंत गेली आहे. ह्या प्रकल्पात सुमारे २-४ मीटर व्यासाची एक दुर्बीण कोलंबिया, चॅलेंजरसारख्या स्पेस शटल यानातून अंतराळात तरंगत ठेवली जाईल (पहा चित्र क्रमांक ८) व तिचे संचालन पृथ्वीवरून केले जाईल. ही दुर्बीण दृश्य प्रकाश व अल्ट्राव्हायोलेट (व थोडे इन्फ्रारेड)

९. पृथ्वीवरच्या दुर्बीणीतून घेतलेले छायाचित्र (डावीकडे) व अंतराळातून घेतलेले छायाचित्र (उजवीकडे) दाखवले आहे. उजवीकडेचे चित्र अधिक स्पष्ट आहे.

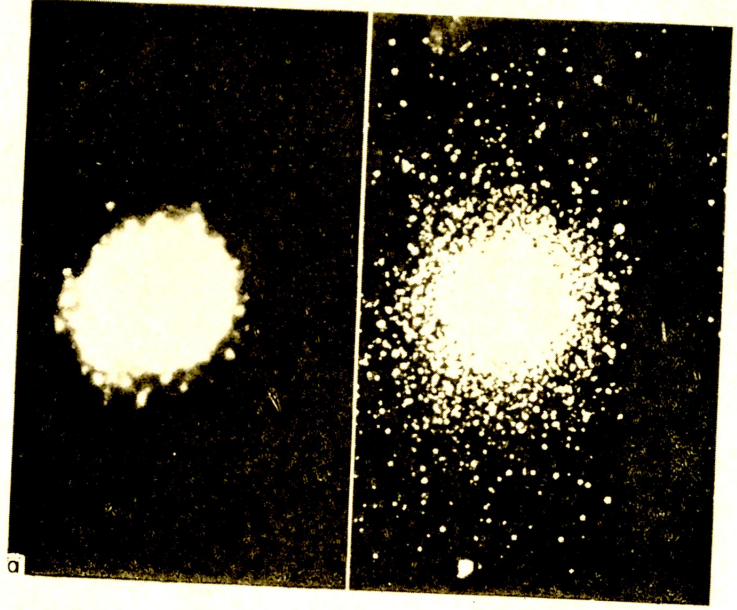
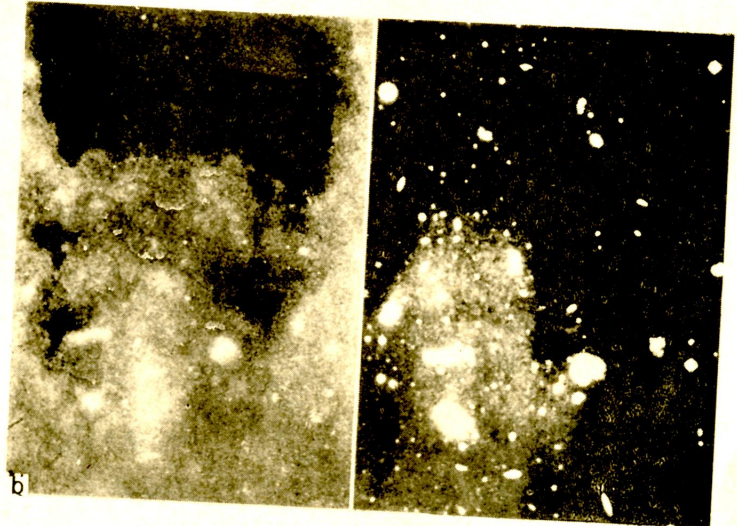


PLATE 1(a) Illustrating the effect of an improvement of a factor of 7 in angular resolution on the observation of a globular cluster.
(b) The same comparison as in (a) for a region within the Hercules cluster of galaxies.





१०. दृश्यप्रकाशाने घेतलेले ओरायन तेजो-मेघाचे (हा मृग नक्षत्रात आहे) छायाचित्र. IRAS ने ह्यात पुष्कळ मर टाकली. (हेल वेधशाळेच्या सौजन्याने)



११. M-87 च्या छायाचित्रात त्या तारकाविश्वाचा केंद्र भाग व त्यातून निघणारे जेट दिसते. (हेल वेधशाळेच्या सौजन्याने)

यांच्या प्रकाशाचा वापर करेल. वायुमंडळाचे शोषण व कंपन नसल्यामुळे ही दुर्बीण पृथ्वीतलावरच्या दुर्बिणीपेक्षा ५० पट मंद वस्तू टिपून घेऊ शकेल व तिच्यातून घेतलेली चित्रे देखील अधिक स्पष्ट उमटतील (पहा चित्र क्रमांक-९)

ह्या पुढचे प्रकल्प आखण्याचे काम अमेरिका आणि युरोपमधल्या अंतराळ संस्था करीत आहेत. जरी अंतराळ तंत्रज्ञानाचा अधिकांश उपयोग युद्ध आणि हेरगिरीच्या कामासाठी होतो (पहा 'किलॉस्कर, मे १९८३), तरी वाहत्या गंगेत खगोल शास्त्रज्ञदेखील हात धुवायचा प्रयत्न करतात. त्यांच्या वाट्याला जे काही थोडे येते त्यातून हे प्रकल्प तयार होतात. आता आपण गेल्या ८-९ वर्षांतील खगोल शास्त्रातील महत्त्वाच्या शोधांचा आढावा घेऊ. जागेच्या अभागी सर्वच महत्त्वाच्या गोष्टी येथे नमूद करता येणार नाहीत. तेव्हा पुढे दिलेली यादी परिपूर्ण नाही हे वाचकांनी आधीच ध्यानात घ्यावे.

विश्वात आपण एकटे आहोत का?

अफाट पसरलेल्या विश्वात केवळ सूर्यासारख्या ताऱ्याभोवती फिरणाऱ्या ग्रहांपैकी एकमेव पृथ्वीवर जीवसृष्टी आहे या विधानावर बहुतेक शास्त्रज्ञांचा विश्वास बसत नाही. पण तसे नसले तर इतरत्र जीवसृष्टी कुठे असेल? स्वतःवरून जगाची परीक्षा करायची म्हटले तर ग्रहमाला असलेल्या इतर ताऱ्यांकडे जीवसृष्टीचे आश्रयदाते म्हणून पाहिले पाहिजे. परंतु दृश्य प्रकाशाच्या दुर्बिणींना अद्याप असे तारे सापडले नाहीत. कारण? ग्रह स्वयंप्रकाशित नसल्याने ताऱ्यांच्या परावर्तित प्रकाशाच्या जोरावर लोखून दिसणार नाहीत. आपल्या सूर्यमालेचे बाहेरचे ग्रह सुद्धा गेल्या २०० वर्षांतच सापडले तेव्हा लांबच्या ताऱ्यांचे ग्रह असून देखील दिसणे अशक्यप्राय आहे.

पण हे विधान इन्फ्रारेड किरणांना लागू नाही. IRAS ह्या इन्फ्रारेड दुर्बिणीने ह्याचे प्रत्यंतर आणून दिले.

१९८३ च्या वसंत ऋतूत व्हेगा (अभिजित) ह्या ताऱ्याचे निरीक्षण करत असताना औमान आणि जिलेट ह्या शास्त्रज्ञांना त्या ताऱ्यापासून अपेक्षेपेक्षा दसपट प्रारण येताना दिसले. हे प्रारण अर्थातच दृश्य प्रकाशाचे नसून ६० मायक्रॉन लांबीच्या इन्फ्रारेड लहरींचे होते. (१००० मायक्रॉन म्हणजे १ मिली मीटर) ह्या अनपेक्षित वेधांची अधिक काळजीपूर्वक चाचणी घेतल्यावर

हे प्रारण प्रत्यक्ष ताऱ्यापासून येत नसून ताऱ्याभोवताली घिरट्या घालणाऱ्या धूलिकणांपासून येत असल्याचे सिद्ध झाले आणि हे धूलिकण कमीत कमी २० मायक्रॉन अर्ध व्यासाचे असले पाहिजेत असा निष्कर्ष पण त्यातून निघाला. कणांचा हा समूह एका मोठ्या कड्याच्या स्वरूपात व्हेगाभोवती फिरत आहे. ताऱ्यापासून कड्याचे अंतर सूर्य-पृथ्वी अंतराच्या ८५ पट आहे. (त्या तुलनेत सूर्य-प्लूटो अंतर ३९ पट आहे.) आणि कड्याचे वस्तुमान पृथ्वीच्या ३०० पट आहे. आपल्या सूर्यमालेतील ग्रहांचे एकंदर वस्तुमान इतकेच भरते.

व्हेगा भोवतालचे कडे हे नवी ग्रहमाला तयार होण्यापूर्वीची परिस्थिती दर्शवते, असे खगोलशास्त्रज्ञांना वाटते स्वतः व्हेगा हा तारा देखील सूर्याच्या तुलनेने कमी वयाचा आहे. त्याचे वय सूर्याच्या पंचमांश आहे. तेव्हा त्याची ग्रहमाला अजून पूर्ण झाली नसल्यास आश्चर्य नाही.

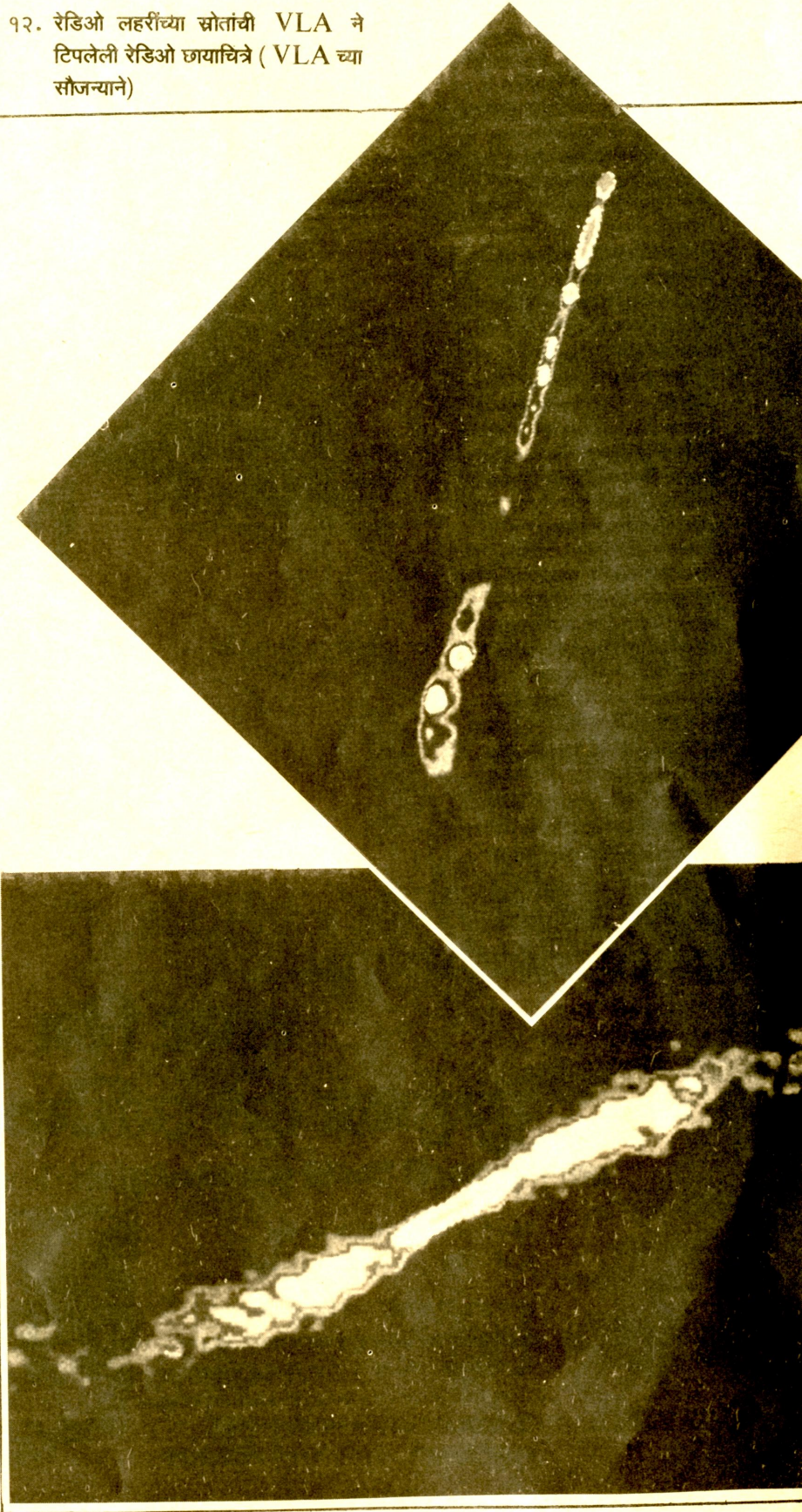
व्हेगाचे उदाहरण हे दर्शवते, की ग्रहांचा शोध लावायला इन्फ्रारेड टेलीस्कोप उपयोगी ठरतील. याचे कारण ग्रहांच्या तपमानानुसार त्यांतून निघणारे प्रारण इन्फ्रारेडमध्ये असते. म्हणूनच IRAS कार्यक्षम असताना खगोलशास्त्रज्ञांनी आणखी ग्रहमाला शोधण्याचे प्रयत्न केले. आपल्या जवळच्या परिसरात (म्हणजे १०० प्रकाश वर्षे अंतरांपर्यंत) साधारणपणे ५-६ ताऱ्यांच्या व्हेगाप्रमाणे नव्या ग्रहमाला तयार होऊ घातलेल्या आहेत, असे त्या वेधांवरून वाटते.

चित्र क्रमांक १० मध्ये मृग नक्षत्रातला प्रचंड वायुमेघ दाखवला आहे. इथे नवीन तारे जन्माला येत असल्याची चिन्हे पूर्वीच्या इन्फ्रारेड वेधांनी दर्शवली होती. IRAS ने ह्या भागाचे फोटो घेतले तेव्हा त्यांत अदृश्य असलेली धूळ स्पष्ट दिसली. त्यामुळे आजवर ह्या महत्त्वाच्या मेघाचे खरे स्वरूप आपल्याला कळले नव्हते ही जाणीव खगोल शास्त्रज्ञांना झाली.

महाकृष्ण विवराचा शोध?

चित्र क्रमांक ११ मध्ये M-87 ह्या तारकाविश्वाचे छायाचित्र आहे. मेसिये नावाच्या फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाने आकाशातील अभ्रिकांची यादी केली होती व यादीतील क्रमांक M-1, M-2 असे दिले. M-87 चे वैशिष्ट्य म्हणजे त्या तारकाविश्वाचा केंद्र भाग पुष्कळ तेजस्वी असून त्यातून एक वायूचा जेट येताना दिसतो. केंद्रभागात काहीतरी विलक्षण घटना घडत असून त्यामुळे हा जेट बाहेर पडत असणार. ही

१२. रेडिओ लहरींच्या स्रोतांची VLA ने टिपलेली रेडिओ छायाचित्रे (VLA च्या सौजन्याने)



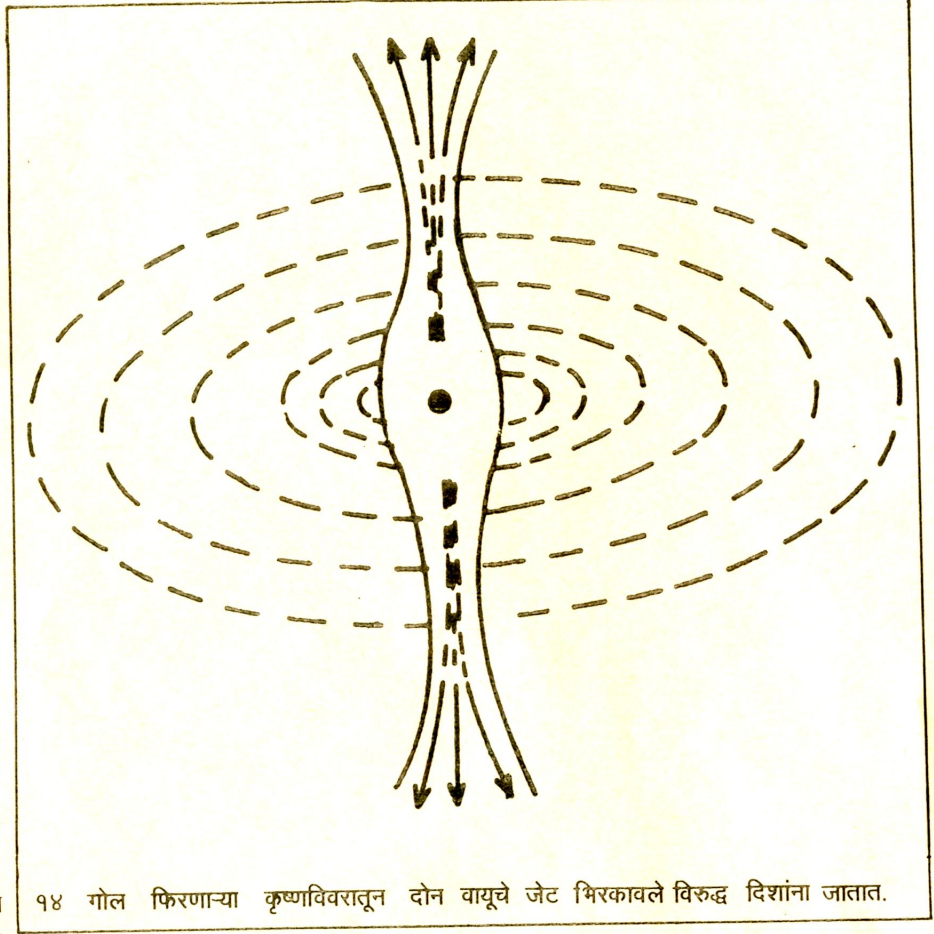
घटना काय असेल?

ह्या छायाचित्राद्वारे वरील प्रश्नाचे उत्तर मिळत नाही. कारण ते छायाचित्र पुरेसे स्पष्ट नाही. केंद्रभागाचे अधिक सविस्तर चित्रीकरण केल्याविना तेथील घटनांची कारणमीमांसा करता येत नाही.

१९७८ मध्ये अधिक स्पष्ट चित्रीकरण शक्य झाले, आणि तेही दोन वेगवेगळ्या मार्गांनी. खगोल शास्त्रज्ञांच्या एका पथकाने (ह्यात सामील होते हेल वेधशाळेचे यंग, वेस्टफाल, क्रिस्टियन आणि विल्सन व जेट प्रोपल्शन प्रयोग शाळेचे लॅण्डॉयर) प्रकाशाची तीव्रता मोजणारा CCD वापरून M-87 केंद्राची कसून तपासणी केली. तेव्हा त्यांना असे आढळून आले, की केंद्रातून निघणारा प्रकाश केंद्राच्या बहिरंगात जास्त पसरला नसून आत मध्यावर अधिक तीव्रतेने साठलेला आहे. म्हणजे चित्रक्रमांक ११ येथे जो तेजस्वी पुंजका दिसतो त्याच्या मध्यभागी प्रकाशाची तीव्रता पुष्कळ जास्त आहे. ह्या तीव्रतेचे कारण काय असावे?

त्याच सुमारास इंग्लंडमधील बॉक्सेनबर्ग यांनी बनवलेल्या इमेज फोटॉन काउंटिंग सिस्टम (IPCS) ह्या उपकरणाचा उपयोग करून आणखी काही खगोलशास्त्रज्ञांनी M-87 चा केंद्रभाग तपासला (ह्या पथकात होते हेल वेधशाळेचे सार्जट आणि यंग, युनिवर्सिटी कॉलेज लंडनचे बक्सेनबर्ग आणि शॉर्टरिज, किट पीक राष्ट्रीय वेधशाळेचे लिडस आणि व्हिक्टोरिया युनिवर्सिटीचे हार्टविक) IPCS चा वापर करून त्यांना असे दिसून आले की केंद्र भागात आत आत शिरल्यावर तेथील तारकांचा इकडे तिकडे घिरट्या घालण्याचा वेग तीव्रतेने वाढत जात आहे. ह्या वेग वाढीचे कारण काय असावे?

ह्या दोनही वेधांतून उपस्थित झालेल्या प्रश्नांचे सोयीस्कर उत्तर म्हणजे M-87 च्या मध्यावर एक मोठाले कृष्णविवर आहे. कृष्णविवर म्हणजे प्रचंड वस्तुमान असलेली पण अतिशय लहान आकाराची वस्तू. अशा वस्तूचे गुरुत्वाकर्षण इतके शक्तिवान असते, की ते त्या वस्तूतून बाहेर पडू पाहणाऱ्या प्रकाशाला सुद्धा ओढून धरते. त्यामुळे ती वस्तू बाहेरून पाहणाऱ्याला दिसत नाही. सूर्याएवढे वस्तुमान जर केवळ ६ किलोमीटर व्यासाच्या गोलात कोंबले (सूर्याचा व्यास १-४ दशलक्ष किलो मीटर आहे!) तर तिथे कृष्णविवर होईल. खगोलशास्त्रज्ञांच्या मते M-87 मधले कृष्णविवर सूर्याच्या वस्तुमानाच्या पाच अब्ज पटीने जास्त, इतके मोठे आहे.



१४ गोल फिरणाऱ्या कृष्णविवरातून दोन वायूचे जेट भिरकावले विरुद्ध दिशांना जातात.

इतके विशाल कृष्णविवर आपल्या गुरुत्वाकर्षणामुळे आसपासच्या ताऱ्यांना आणखी जवळ ओढून घेईल. अशा आकर्षणामुळे ताऱ्यांची घनता वाढेल आणि त्यामुळे केंद्राच्या मध्यभागातून निघणारा प्रकाश हा पण तीव्र झालेला दिसेल. त्याचप्रमाणे कृष्णविवराच्या आकर्षणामुळे आसमंतातल्या ताऱ्यांच्या गतीमध्ये वाढ होते. ह्या दोन्ही परिणामांची तुलना एखाद्या शहराशी करता येईल. शहराच्या केंद्रस्थानी व्यापार आणि राज्यकारभार ह्या कारणांमुळे अधिक लोकवस्ती आकृष्ट होते. त्यामुळे रात्री पाहिले तर शहराच्या केंद्रस्थानी दिव्यांचा झगझगाट जास्त असतो आणि दिवसा तेथील ट्रॅफिकही वाढलेला दिसतो.

M-87 मध्ये जर खरोखर कृष्णविवर असेल तर त्याचा व्यास ३० अब्ज किलोमीटर असेल. जरी CCD आणि IPCS वापरून खगोलशास्त्रज्ञ M-87 च्या केंद्राच्या आतवर शिरलेत तरी अद्याप ते इतक्या लहान अंतरापर्यंत जाऊन पोचले नाहीत. त्यांचे शोध M-87 मध्यापासून ३,००० अब्ज किलोमीटरपर्यंत येऊन ठेपले आहेत. इतक्यावरून M-87 मध्ये

कृष्णविवर असलेच पाहिजे, असे ठामपणे सांगता येत नाही. इतर पर्यायदेखील अजून विचारात घेतले पाहिजेत व काही खगोलशास्त्रज्ञ M-87 मध्ये महाकृष्णविवर सापडले, हे मानायला तयार नाहीत.

पण कृष्णविवर असो, नसो, CCD व IPCS च्या वेधांनी इतके अवश्य सिद्ध झाले आहे, की ह्या तारकाविशवाच्या केंद्रस्थानी सुमारे ५ अब्ज सूर्याइतक्या वस्तूचा साठा आहे. संबंध तारकाविशवाच्या वस्तुमानाच्या एक टक्के वस्तुमान केंद्रभागी अतिशय लहान भागात साठू शकते, याचे हे एक उदाहरण आहे. जर वाचकांना '३००० अब्ज किलोमीटर' हे अंतर फार वाढत असेल तर त्यांनी सर्वसाधारण तारकाविशवाच्या व्यासाशी त्याची तुलना करावी. आपल्या आकाशागंगेचा व्यासच मुळी जवळ जवळ अब्ज किलोमीटर आहे!

रेडिओ स्रोत

आपली आकाशागंगा, M-87 सारखी तारकाविश्वे आणि तारकांसारखे दिसणारे पण

तारकांहून अब्ज पटीने प्रचंड शक्तीचे क्वेसार दृश्य प्रकाशाव्यतिरिक्त रेडिओ लहरींचे प्रारण पण निर्माण करू शकतात. अशा रेडिओ स्रोतांचा अभ्यास वेधांद्वारे आणि सैद्धांतिक खगोल-शास्त्राद्वारे गेली चार दशके चालू आहे. परंतु रेडिओ लहरींचे सृजन कसे, केव्हा आणि कुठे होते हे कोड अद्याप उलगडलेले नाही.

चित्र क्रमांक १२, १३ मध्ये VLA ह्या रेडिओ दुर्विणीतून घेतलेली काही छायाचित्रे आहेत. ही चित्रे गणकयंत्रावर तयार झाली. पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे रेडिओ स्रोतांतून येणाऱ्या लहरींच्या तीव्रतेनुसार त्यांना रंग देण्यात येऊन त्या कृत्रिम रंगाने स्रोतांचा आकार (व विस्तार) दर्शवण्यात येतो. ह्या चित्रावरून असे दिसते, की एका मध्यावर्ती विदूतून परस्परविरोधी दिशांना जेटप्रमाणे वायू निघतो व एका ठराविक अंतरापर्यंत जाऊन भोवतालच्या अंतराळातल्या स्थिर वायूवर आदळतो आणि त्यातून रेडिओ लहरी निघतात.

अशा चित्रांमुळे रेडिओ स्रोतांचे बहिरंग पुष्कळसे स्पष्ट झाले आहे. विद्युत्भार असलेल्या वायूचा जेट जेव्हा आसपासच्या चुंबकीय क्षेत्रातून प्रवास करतो तेव्हा त्यातून प्रारण बाहेर पडते. परंतु मुळात हे दोन दिशांना वेगाने भिरकावलेले जेट तयार कसे झाले? त्यांना वेग कसा मिळाला?

ह्या प्रश्नांची उत्तरे शोधण्यासाठी प्रयत्न चालू आहेत. सध्या बहुजनमान्य सिद्धान्ताप्रमाणे त्या सर्वांच्या मुळाशी महाकृष्णविवर असावे. आसपासच्या प्रदेशातून वायू आकर्षित करून तो गरगर फिरवून विरुद्ध दिशांना भिरकावण्याचे

काम कृष्णविवर करते. हे कृष्णविवर एका अक्षाभोवती फिरत असून बाहेर पडणारे जेट ह्या अक्षाच्या मार्गाने बाहेर पडतात (पहा चित्र क्रमांक १४)

ह्या सिद्धान्तापुढे पण काही समस्या आहेत. स्वसारना एकच जेट का असते? चित्रक्रमांक १५ मध्ये जेट वळण घेताना दिसते, ते का? रेडिओ प्रारण पुरेशा प्रमाणात व्हायला कृष्णविवराचे वस्तुमान सूर्याच्या अब्जपटीने असले पाहिजे. इतके मोठे कृष्णविवर तयार तरी कसे झाले?

हे न सुटलेले प्रश्न बाजूला ठेवून आपण आणखी एका विस्मयकारक शोधाकडे वळू.

प्रकाशाच्या वेगमर्यादेपलीकडे?

चित्र क्रमांक १२, १३ मध्ये आपण रेडिओ स्रोतांची चित्रे पाहिली. VLA ने घेतलेली ही चित्रे स्रोतांची एकंदर आकाररचना दाखवतात. भारताचा नकाशा, त्यातील एका शहराचा नकाशा आणि त्या शहरातील एखाद्या घराचा यांत ज्याप्रमाणे स्केलचा फरक असतो त्याप्रमाणे VLA आणि VLBI यांनी घेतलेल्या रेडिओ छायाचित्रात फरक असतो. VLA मध्ये स्रोताचे संपूर्ण चित्र पाहायला मिळते तर VLBI मध्ये स्रोताच्या लहानशा भागाचे विस्तृत चित्र दिसते (पहा चित्र क्रमांक-१६).

जर एखाद्या रेडिओ स्रोताच्या केंद्रभागाची VLBI चित्रे काही महिन्यांच्या अंतराने घेतली तर त्यांतून स्रोतामध्ये होणारे बदल दिसू शकतात. अशा तऱ्हेचे वेध १९७० पासून काही स्वसारांचे घेण्यात येत आहेत. अशा वेधांतून आता असे दिसून येते, की क्वेसारच्या अंतरंगातले वेगवेगळे भाग परस्परांपासून वेगाने दूर होत आहेत व हा

दूर होण्याचा वेग प्रकाशाच्या वेगाच्या ५-१० पटीने जास्त आहे! (पहा चित्र क्रमांक-१७)

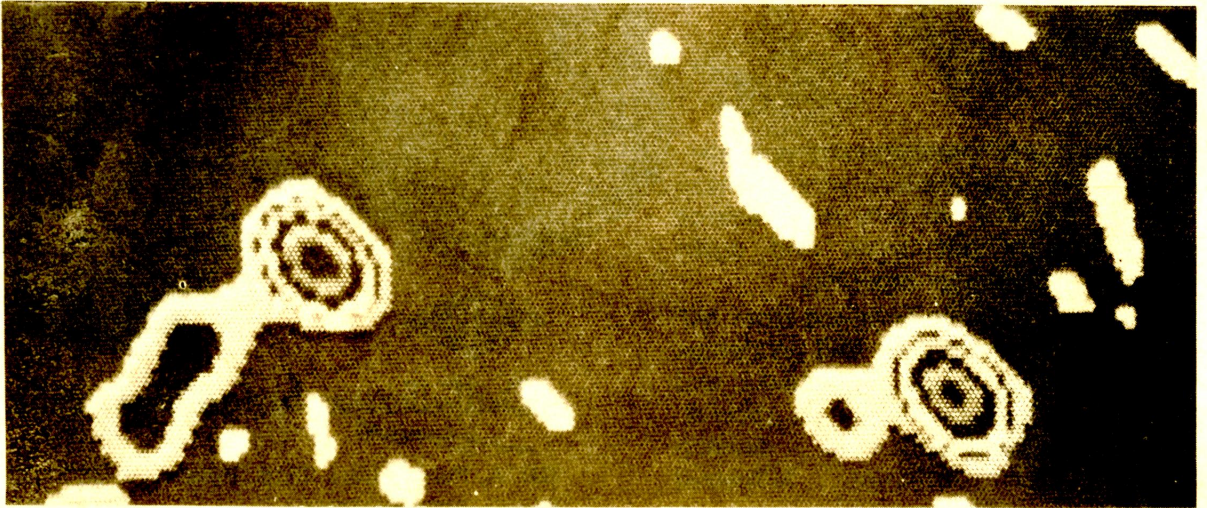
आइन्स्टाइनच्या सापेक्षतावादाच्या सिद्धान्ताने वस्तूंच्या वेगावर कमाल मर्यादा घातली आहे. त्यानुसार कुठल्याही पदार्थाने बनलेल्या वस्तूंचा वेग प्रकाशाच्या वेगाहून जास्त असू शकत नाही. हा सिद्धान्त जर खरा असेल तर VLBI ने प्रकट केलेले वरील वेध काय सांगतात?

वेगवेगळ्या शास्त्रज्ञांनी ह्या प्रश्नाचे उत्तर आपल्याला आवडीनिवडी प्रमाणे दिले आहे. एक उत्तर असे, की क्वेसार आपण गृहीत धरतो तितके लांब नाहीत. त्यावरील वेधानुसार उरवलेला दूर होण्याचा वेगच मुळी चुकीचा आहे. जर क्वेसार शंभरपटीने जवळ असतील तर त्यातील भागांचा दूर होण्याचा वेग शंभर पटीने कमी म्हणजे प्रकाशवेगाच्या ५-१० टक्के इतकाच आहे.

दुसरे उत्तर, जे अनेकांना पटते ते असे, की परस्परांपासून दूर होण्याचा भाग जर प्रेक्षकाच्या दिशेशी अगदी लहान कोन करून जात असेल आणि मुळात त्यांच्या परस्परांपासून दूर होण्याचा वेग प्रकाशवेगाहून कमी असला तरी ते प्रकाशाहून अधिक वेगाने जात आहेत असा भास होतो. केंब्रिज मधील शास्त्रज्ञ मार्टिन रीस यांनी गणित मांडून हे सिद्ध केले आहे.

भास उत्पन्न होण्याचे इतर मार्ग पण आहेत. १९७८ साली शशिकुमार चित्रे यांनी आणि मी असे सुचवले होते, की प्रेक्षक आणि क्वेसार यांच्या दरम्यान जर एखादी मोठी वस्तू असेल (उदाहरणार्थ, एखादे तारकाविश्व) तर तिच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे प्रकाशाचे वक्रीकरण होते.

१८. चित्रात दिसणारे दोन गोलाकार पुजेके हे सारखे दिसणारे दोन क्वेसार आहेत का एकाच क्वेसारची दोन प्रतिबिंबे आहेत?



भिगातून पाहिले की ज्याप्रमाणे खऱ्या वस्तूऐवजी तिचे बिंब दिसते त्याप्रमाणे VLBI मधून दिसणारे क्वेसारचे भाग प्रत्यक्ष न पाहता आपण ते एका गुरुत्वाकर्षणाच्या भिगातून पाहत आहोत. मुळात ते भाग परस्परांपासून प्रकाशापेक्षा कमी वेगाने दूर जात असले तरी त्यांची बिंबे भिगजनित वक्रीकरणामुळे प्रकाशवेगमर्यादेचे उल्लंघन करत आहेत, असा भास होतो.

खरी परिस्थिती काय आहे ते अजून ठरायचे आहे !

गुरुत्वाकर्षणजनित भिंगे

१९७९ साली गुरुत्वाकर्षणामुळे भिंगे निर्माण होतात ह्या कल्पनेला दुजोरा मिळाला, पण तो वेगळ्या संदर्भात.

चित्र क्रमांक १८ मध्ये दाखवलेल्या छायाचित्रात दोन क्वेसार आहेत. 0957 + 561

A + B ह्या यादीतील नावाने ओळखलेले जाणारे हे क्वेसार. अधिक खोल तपासणी केल्यावर त्यांत विलक्षण साम्य असल्याचे आढळून आले. जुळ्या भावंडात साम्य असावे तसे. जुळी भावंडे अस्तित्वात असतात तसे जुळे क्वेसारही अस्तित्वात असतील का? शक्य आहे !

पण वरील क्वेसार युगुलामागे एक वेगळे कारणही असू शकेल. समजा, चित्र क्रमांक १८ मध्ये आपण पाहतो ती एकाच क्वेसारची दोन बिंबे असली तर? आपण व क्वेसारच्या दरम्यान असलेल्या एखाद्या तारकाविश्वाने गुरुत्वाकर्षणाच्या भिगाची कामगिरी बजावली असेल तर एकाच वस्तूची दोन बिंबे दिसू शकतात व ती बिंबे साहजिकच सारखी असतात. 0957 + 561, A, B तसेच घडले असेल काय?

१९८० मध्ये यंग, गन, क्रिस्टियन, ओक आणि वेस्टफाल ह्या खगोलविदांनी क्वेसार व आपण यांच्या दरम्यान भिगाचे काम बजावू शकणारी एक वस्तू शोधून काढली. ते एक तारकाविश्व आहे. दरम्यान क्वेसारयुगुलाची आणखी चार उदाहरणे (त्यात एक 'तिळे' पण आहे) निदर्शनास आली आहेत. यांच्या भिगांची तारकाविश्वे अद्याप सापडली नाहीत. ती सापडली तर भिगांच्या कल्पनेला आणखी दुजोरा मिळेल.

आइन्स्टाइन उपग्रहाची देणगी

आइन्स्टाइन उपग्रहापासून क्ष-किरणांचे खगोलशास्त्र बाल्यावरथा मागे टाकून परिपक्व झाले, असे म्हणायला हरकत नाही

क्ष-किरणाद्वारे विश्वाचे वेध घ्यायला सुरुवात १९६०-७० च्या दशकात झाली असली तरी केवळ १० वर्षांत महत्त्वाची माहिती क्ष-किरणांद्वारे मिळेल, असे त्या वेळी कोणालाही वाटले नव्हते.

आइन्स्टाइन उपग्रहातून मिळालेली (आणि अजून मिळत असलेली) महत्त्वाची माहिती थोडक्यात सांगायलाही ही जागा अपुरी पडेल. एकदोनच गोष्टींचा उल्लेख करतो.

सहसा तारकाविश्वे एकटीदुकटी सापडत नाहीत—त्यांचा समूह असतो. अशा समूहामध्ये फिरत असलेली तारकाविश्वे दृश्य प्रकाशाच्या दुर्बिणींना दिसतात. (पहा चित्र क्रमांक १९) पण ह्या तारकाविश्वंदरम्यान निव्वळ पोकळी आहे का आणखी काही आहे, ह्या प्रश्नाचे अपुरे का होइना पण उत्तर क्ष-किरणांच्या वेधामुळे मिळते. अशा अनेक समूहांतून क्ष-किरणे येतात. त्यांची निर्मिती उष्ण वायूतून होते व त्यामुळे तारकाविश्वंदरम्यान अशा वायूचे अस्तित्त्व असल्याचा पुरावा मिळतो.

क्वेसार हे बहुत करून क्ष-किरणे पण तयार करतात असे आइन्स्टाइन उपग्रहाने दाखवून दिले. दृश्यप्रकाशात अतिशय चमकणारे क्वेसार हे क्ष-किरणे देखील प्रचंड प्रमाणात प्रक्षेपित

करतात. ह्या प्रक्षेपणाचे मूळ काम असेल? त्यामागे पण महाकृष्णविवर असावे, हा अनेकांचा तर्क आहे. विश्वात क्ष-किरणांची जी पार्श्वभूमी आहे ती बहुतकरून क्वेसार व तारकाविश्वींच्या समूहांमुळे तयार झाली असावी, असा निष्कर्ष पण आइन्स्टाइन उपग्रहातील वेधामुळे निघतो.

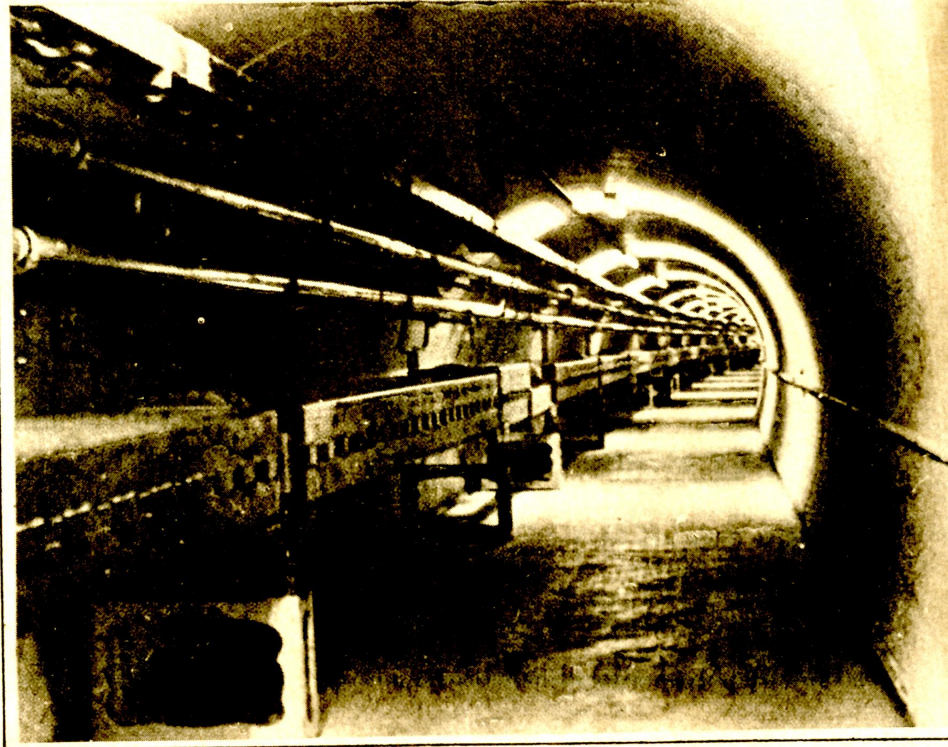
विश्वाचा आदिकाळ

खगोलशास्त्राची प्रगती केवळ वेधांच्या वेगवेगळ्या उपकरणामुळेच होत आहे असे नाही. वेधातून मिळालेली माहिती उकलण्यासाठी भौतिकशास्त्राचे मूळ सिद्धान्त वापरणे आवश्यक असते. ग्रह सूर्याभोवती का फिरतात? सूर्य कुठल्या ऊर्जेच्या साठ्याचा वापर करून चकाकतो? रेडिओ लहरींच्या प्रक्षेपणाला चुंबकीय क्षेत्र का आवश्यक आहे? स्पंदक (पल्सार) इतक्या नियमितपणे स्पंदन कसे करू शकतात?... ह्या प्रश्नांतिकेची उत्तरे भौतिकशास्त्राच्या सिद्धान्तात सापडतात.

भौतिक शास्त्राचे चार मूलभूत सिद्धान्त आजवर माहीत झाले आहेत. त्यापैकी गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धान्त प्रथम १६८७ मध्ये न्यूटनने मांडला. विद्युत्चुंबकीय शास्त्राच्या

पान १५३ पहा

२०. फर्मीलॅब येथील ऊर्जायंत्र सध्या जगातले सर्वात शक्तिशाली ऊर्जायंत्र आहे.



नियमांचे सूत्रीकरण १८६४ मध्ये मॅक्सवेलने केले. १९२०-४० च्या दोन दशकांत अणुचे अंतरंग खोलून पाहण्यात शास्त्रज्ञ यशस्वी झाले आणि त्यांनी मंद क्रिया आणि तीव्र क्रिया यांचा शोध लावला. ह्या क्रिया अणुगर्भाच्या रचनेशी संबंधित असून अणुगर्भाबाहेर त्यांचे अस्तित्व जाणवत नाही.

ह्या चारही मूळ क्रिया एकाच सिद्धान्तातून निर्माण होत असतील का? अल्बर्ट आइन्स्टाइनचा तसा विश्वास होता आणि गुरुत्वाकर्षण विद्युच्चुंबकीय क्रियेशी जोडण्याचा प्रयत्न त्याने आमरण चालू ठेवला होता. जरी संयुक्त क्रियेचा सिद्धान्त शोधण्यात त्याला यश आले नाही, तरी त्या कल्पनेमागे आता अनेक शास्त्रज्ञ लागले आहेत. मात्र त्यांचा दृष्टिकोन वेगळा आहे. सर्वांत अनाकलनीय असे गुरुत्वाकर्षण बाजूला ठेवून इतर तीन क्रिया एकत्र आणण्याचा प्रयत्न आज जगभर चालू आहे. मंद क्रिया, तीव्र क्रिया व विद्युच्चुंबकीय क्रिया एकत्र जोडणारा भव्य एकसूत्री सिद्धान्त (गॅण्ड युनिफाइड थियरी-थोडक्यात आद्याक्षराने ओळखला जाणारा : GUT) कसा असेल याबद्दल बरेच तर्क-वितर्क सध्या चालू आहेत.

परंतु GUT ने केलेले भाकीत तपासून पाहायला मूलकणांची ऊर्जायंत्रे पाहिजेत, ज्यातून प्रचंड कण निघू शकतील. (ह्या ऊर्जा यंत्रांची माहिती किलौरकर जानेवारी १९८२, 'विज्ञानवेध'मध्ये पहा) चित्र क्रमांक २० मधील ऊर्जायंत्र जगातले सर्वांत शक्तिमान ऊर्जायंत्र आहे. परंतु GUT तपासून पाहायला अशा यंत्राचा उपयोग नाही! अशा यंत्रांच्या सहस्र अब्ज पटीने अधिक ऊर्जेचे मूलकण तयार करणारी यंत्रे त्याकरिता हवीत. अशी यंत्रे तयार करणे मानवी तंत्रज्ञानाच्या आवाक्याबाहेरची गोष्ट आहे.

जी गोष्ट मानवी प्रयोगशाळांना साध्य होत नाही ती खगोलशास्त्रात पृथ्वीभोवती पसरलेल्या अफाट विश्वात अनेकदा शक्य झालेली दिसते. ताऱ्यांमधल्या अणुभट्ट्या, गुरुत्वाकर्षणाची भिंगे, विश्वकिरणांत सापडणारे प्रचंड ऊर्जेचे कण इत्यादी अनेक उदाहरणे देता येतील. ... मग GUT तपासून पाहायला विश्वाचा एखादा कोपरा उपलब्ध आहे का?

ह्या प्रश्नाचे उत्तर विश्वरचनाशास्त्रात सापडते. बहुजनमान्य सिद्धान्ताप्रमाणे विश्वाची

निर्मिती एका महास्फोटात झाली. त्या क्षणी विश्व एका बिंदूत समाविष्ट होते आणि त्याची उष्णता अपरिमित होती. पण स्फोटानंतर विश्वाचे झपाट्याने प्रसरण होऊ लागले आणि त्याची उष्णता आणि विश्वाचे तपमान-२७० अंश सेंटिग्रेड इतके कमी आहे.

स्फोटानंतरच्या काही क्षणांतच मात्र जेव्हा विश्व अतिताप दशेत होते तेव्हा त्यांतील कणांमध्ये प्रचंड ऊर्जा होती. अशा कणांमध्ये होणाऱ्या प्रक्रिया GUT ची भाकिते पडताळून पाहायला उपयोगी ठरतात. याचा अर्थ GUT तपासून पाहायला आवश्यक ऊर्जायंत्र मानवी तंत्रज्ञानाला शक्य नसली तरी 'हे विश्वचि माझे ऊर्जायंत्र' म्हणून GUTचे सिद्धान्त कल्पनेतून वास्तवात आणायला आजचा वैज्ञानिक तयार झाला आहे.

म्हणून मूलकणांचा अभ्यास करणारे वैज्ञानिक विशाल विश्वाच्या अभ्यासकांशी हातमिळवणी करून विश्वाच्या प्रारंभीच्या क्षणांवर भाष्य करीत आहेत. हा आदिकाळ म्हणजे स्फोटानंतर सेकंदाचा अब्ज-अब्ज-अब्ज-अब्जांश इतका लहान आहे! आज कित्येक लाख-अब्ज-अब्ज किलोमीटर पसरलेले विश्व त्याक्षणी मीटरच्या अब्ज-अब्ज-अब्जांशात समाविष्ट होते!

मानवी कल्पनेला आकलन होत नाही इतकी स्वल्प उत्तरे आणि कालखंड केवळ गणिताच्या साहाय्याने वास्तवतेशी सांगड घालतात. आज विश्वाचा आदिकाळ हा बहुचर्चित होऊन बसला आहे.

प्रोटॉनची नश्वरता

GUT अजून प्राथमिक अवस्थेत असला तरी त्यांतून एक भाकीत निश्चितपणे निघते, की प्रोटॉन हा कण नश्वर आहे.

प्रोटॉन हा हायड्रोजनपासून सर्व अणूंच्या गर्भभागी असतो, आणि विश्वातील बहुतेक तस्तूमान प्रोटॉनच्या स्वरूपात आहे. ही सध्याची वैज्ञानिक माहिती असून गेल्या दशकापर्यंत शास्त्रज्ञ प्रोटॉनला अक्षय्य समजत होते.

परंतु भव्य एकसूत्री सिद्धान्ताच्या प्राथमिक कल्पनाप्रमाणे प्रोटॉनचे आयुष्य मर्यादित आहे. सर्वसाधारणपणे प्रोटॉन दहा हजार अब्ज अब्ज वर्षे टिकू शकतो, पण त्यानंतर बहुतेक त्याचा क्षय होऊन त्याचे रूपांतर हलक्या कणांत

होत असावे.

जर पुष्कळ प्रोटॉन एकत्र असले-समजा, दहा हजार अब्ज-अब्ज-अब्ज प्रोटॉन एका ढिगात ठेवले-तर वरील सिद्धान्ताप्रमाणे त्यातील दरवर्षी 'एखादा नष्ट होण्याची शक्यता आहे. चित्रक्रमांक २१ मध्ये भारतात बंगलोरजवळ कोलार येथील सोन्याच्या खाणीत भारत व जपान यांच्या संयुक्त प्रयोगाचे छायाचित्र आहे. चित्रात दाखवलेला ढीग लोखंडाचा असून त्यातील एखादा प्रोटॉन नष्ट आणि रूपांतरित झाल्यास त्यातून बाहेर पडणाऱ्या हलक्या कणांचे अस्तित्व दर्शवणारी यंत्रसामग्री त्यांत जागोजाग बसवली आहे. प्रोटॉनचा क्षय होतो हे अजून निश्चितपणे सांगता येत नाही, पण वरील प्रयोगातून प्रोटॉन क्षयाची उदाहरणे 'संभाव्य कोटीत' बसणारी सापडली आहेत.

किमिदं यक्ष मिति?

उपनिषदकारांनी विश्वाबद्दल अनेक प्रश्न विचारले. आजचा खगोलशास्त्रज्ञ त्यांचाच किता गिरवत आहे. पृथ्वी तलावरपसरलेली, पृथ्वी-तलखाली खोल खाणीत रचलेली आणि अंतराळात पाटवलेली वेगवेगळी वेधयंत्रे एका प्रश्नाचे उत्तर देताना दहा नवे प्रश्न उपस्थित करतात. विज्ञानाच्या संदर्भात ही परिस्थिती उत्साहकारक आहे, कारण याचा अर्थ खगोलशास्त्र हा विषय संपत आला नसून प्रगतीच्या मार्गावर आहे.

उपनिषदकालापासून भास्कराचार्यापर्यंत खगोलशास्त्रात अग्रस्थान मिळवलेला भारत पुढे धार्मिक, सामाजिक आणि राजकीय कारणांमुळे ह्या विषयात मागे पडला. भारतीय खगोलशास्त्राचा नवोदित काळ आता पुन्हा सुरू झाला असून उटी येथील रेडिओ दुर्बीण व कावलूर येथील पूर्णत्वाजवळ टेपलेली दृश्यप्रकाशाची दुर्बीण खगोलशास्त्राचे पुनरुज्जीवन करण्यात हातभार लावत आहे. पुढील पंच वार्षिक योजनेत आणखी मोठे प्रकल्प साकार होणार आहेत. प्रश्न आहे मनुष्य बळाचा! वैद्यकशास्त्र, अँकौण्टन्सी, इंजिनियरिंग यांचे आमिष बाजूला ठेवून काही 'वाट चुकलेल्या' हुशार विद्यार्थ्यांवरच भारतीय खगोलशास्त्राची भिस्त आहे.

