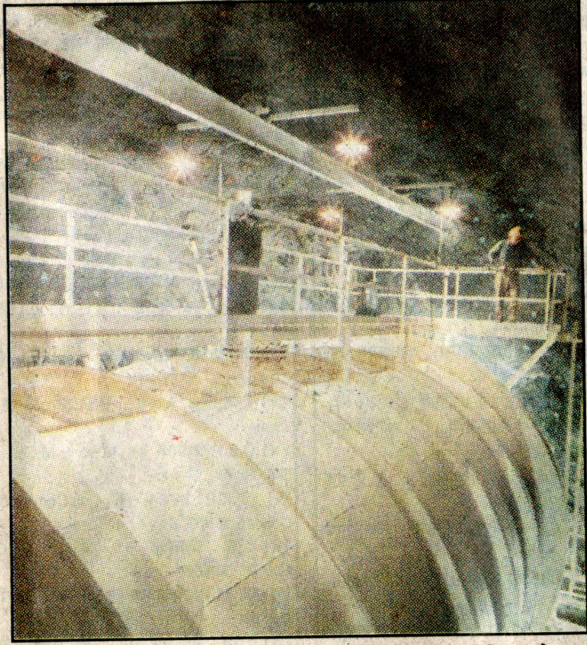
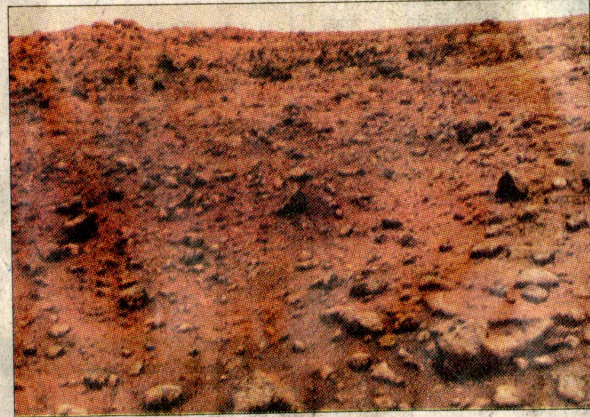




१) सौर न्यूट्रिनो शोधणारे संयंत्र प्रथम आर. डेव्हिस यांनी ब्रुकहेवन नॅशनल लॅब्सतर्फे होमस्टेक खाणीत बसवले होते, त्याचे हे चित्र. हा प्रयोग अजूनही चालू आहे.



२) व्हायकिंग यानाने घेतलेले मंगळाचे छायाचित्र.

खगोल विज्ञानाच्या पाऊलखुणा

“या समारोपाच्या लेखात मागल्या सहस्रकाचा निरोप घेताना न सुटलेल्या प्रश्नांचा आढावा घेत पुढील सहस्रकात आरंभीच्या काळाचा भविष्यवेध घेण्याचे धाडस केले आहे.”

डॉ. जयंत नारलीकर

गेल्या सहस्रकातील खगोल विज्ञानाचा आढावा समाप्त करताना एक गोष्ट प्रकर्षाने जाणवते. ती म्हणजे अनुत्तरित प्रश्नांची आणि अज्ञात गोष्टींची अखंडित मालिका. एका उदाहरणाने ही वस्तुस्थिती स्पष्ट करता येईल.

समजा एका कुटुंबात भाऊ-बहीण आहेत. भाऊ चौथीत शिकतो, तर बहीण दहावीत. धाकट्या भावाला न सुटणारे सर्व प्रश्न बहीण सहजगत्या सोडवू शकते. त्यामुळे भावाला वाटेले, की आपल्या बहिणीला सर्व काही येते; परंतु तिला अनुत्तरित असे प्रश्नही असतात, याची त्याला कल्पना नसते. फार काय,



३) 'सेंटॉर्स ए' या स्रोताचे हे दृश्य पाहून इथे दोन तारकाविश्रवांची टक्कर होत आहे व त्यातून रेडिओ लहरी निघतात, असे निदान केले गेले ते चुकीचे ठरले. इथे एकच तारकाविश्रव धुळीच्या पट्ट्यामुळे दोन भागात विभागलेले दिसते.

पुढच्या शतकातील अपेक्षा व आव्हाने

ते प्रश्न कसे असतात, हे समजण्याचीदेखील त्या मुलाची पात्रता नसते.

विज्ञानाच्या प्रगतीत असेच दिसून येते. जसजशी संशोधनाची पातळी उंचावत जाते, तसतसे विद्यमान प्रश्न सुटतात; परंतु त्याचबरोबर नवे प्रश्न समोर येतात. जे प्रश्न म्हणून समजण्याइतकी प्रगल्भता पूर्वी नव्हती. आज नव्या सहस्रकाच्या उंबरठ्यावर असताना असे काही यक्ष प्रश्न खगोल

विज्ञानापुढे आहेत. एक शतकापूर्वी हे प्रश्न म्हणूनसुद्धा आपल्याला माहीत नव्हते.

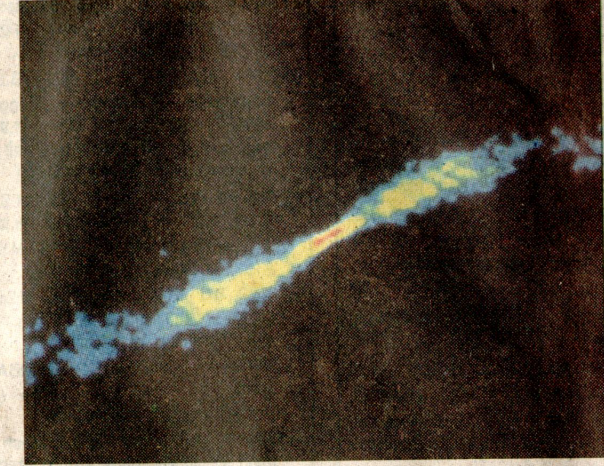
सौर न्यूट्रिनोंचे रहस्य

सूर्य का प्रकाशतो, या प्रश्नाचे उत्तर आज माहीत आहे; परंतु त्यातून एक नवा प्रश्न उपस्थित झाला आहे, तो असा:

सूर्याच्या केंद्रस्थानी अणुभट्टी सतत

चालू असते. हायड्रोजनचे हीलियममध्ये रूपांतर होत असताना ऊर्जा बाहेर पडते, जी आपल्याला सूर्यप्रकाशाच्या रूपात मिळते; पण या प्रक्रियेचे गणित हे पण भाकीत करते, की तीतून न्यूट्रिनो या मूलकणांचा पण उगम होतो. हे कण इतर पदार्थांशी अतिन्यून प्रमाणात प्रक्रिया करतात आणि त्यांची गती प्रकाशाप्रमाणे असते. असे हे कण कसलाही अडथळा न येता सूर्यातून बाहेर पडतात. त्यापैकी पृथ्वीच्या दिशेने किती यावेत, याचा अंदाज बांधता येतो.

गेली तीन दशके या कणांची मोजदाद करायचे प्रयत्न चालू आहेत. (चित्र १) पदार्थाच्या पुष्कळच जाड थरातून आरपार जाणारे हे कण पकडून मोजणे सोपे नाही, पण असाध्यही नाही. मात्र



४) रेडिओ लहरींद्वारे घेतलेल्या या संगणकीय चित्रात केंद्रातून दोन बाजूला निघालेले फवारे दिसतात.



५) तारकाविश्रवांचा कोमा-समूह. येथे दिसणाऱ्या तारकाविश्रवांच्या गतीमुळे असे निदान केले जाते, की ही गतिमानता उत्पन्न करायला लागणारे गुरुत्वाकर्षण समूहातील कृष्ण पदार्थाचे आहे.

अंदाजाप्रमाणे सौर न्यूट्रिनोंचा मारा होत नसल्याचे दिसून येते. अपेक्षेच्या तृतीयांश फारतर निम्म्याने न्यूट्रिनो सापडतात. इतकी तफावत कशामुळे येते? आपले सूर्याबद्दलचे गणित चुकले का? का अणुप्रक्रियेच्या माहितीत अजून अपूर्णता आहे? किंवा कदाचित न्यूट्रिनो या कणाचे गुणधर्मच अद्याप स्पष्ट झाले नाहीत? या शतकातली ही समस्या पुढल्या शतकात लवकरच सुटायवी!

(पान ११ पाहा)

ग्रहमाला

खगोलशास्त्राची सुरवात ग्रहांच्या अभ्यासातून झाली. आज ग्रहगतीचे गणित सुटून तीन शतके उलटली. अंतराळ शास्त्राचा विकास होत असताना मानव इतर ग्रहांकडे अंतराळयाने पाठवून त्यांचे जवळून वेध घेत आहे. (चित्र २) पुढल्या शतकात मानव मंगळ पादाक्रांत करेल. अशा स्थितीत अजूनही ग्रहांबद्दल अनेक शतकां- सहस्रकांपासूनच्या अंधश्रद्धा समाजाच्या विविध स्तरांवर आहेत. हा दैवदुर्विलास म्हणायचा तर दोष दैवाच्या माथी मारणे, ही पण अंधश्रद्धाच ठरेल; पण माझी स्वतःची खात्री आहे, की नव्याने चालू झालेल्या माहितीच्या युगात अशा अंधश्रद्धा फार काळ टिकणार नाहीत.

दरम्यान, ग्रहमाला असणारा सूर्य हा एकमेव तारा नव्हे, हे सिद्ध झाले आहे. गेल्या दशकात इतर ताऱ्यांभोवती ग्रहमाला सापडायला सुरवात झाली आणि आज सूर्यातिरिक्त ताऱ्यांच्या ग्रहांची संख्या अर्धशतकी होऊ पाहत आहे. कदाचित जीवसृष्टीला पोषक असा एखादा ग्रह यात असेलही. निदान पुढल्या शतकात असा ग्रह सापडणे असंभाव्य नाही.

खुद्द आपल्या ग्रहमालेत नवे ग्रह सापडतील का? शक्यता नाकारता येत नाही. सध्या नेपच्यून- संलून- वस्तू (ट्रांस्नेप्युनियन ऑब्जेक्ट- टी.एन.ओ.) सापडत आहेत. खुद्द प्लुटोदेखील वेगळा ग्रह नसून टी.एन.ओ. असावा, हाही एक मतप्रवाह आहे.

ऊर्जास्रोतांचे रहस्य

अंतराळात आकाशगंगेबाहेर प्रचंड ऊर्जास्रोत सापडत आहेत. रेडिओ दुर्बिणींनी प्रथम अशा स्रोतांची जाणीव करून दिली. तारकाविश्वांच्या टकरीतून ऊर्जा निर्मिती होते, असा एक मतप्रवाह १९५५-६५ च्या दशकात होता; (चित्र ३) परंतु सूर्याच्या तुलनेत त्यापेक्षा सहस्र अब्जपटीने ऊर्जा प्रक्षेपण करणारे क्वेसार आणि क्ष किरणांचे स्रोत यांना अशा तऱ्हेची ऊर्जा अपुरी पडते, असे दिसून आले. त्यानंतर महाकृष्ण विवरातून इतकी ऊर्जा बाहेर पडते असे गृहीत धरले जाते. मात्र कृष्णविवराची प्रवृत्ती पदार्थांना आकर्षित करण्याची असते. रेडिओस्रोतात दीर्घ फवाऱ्यातून प्लाज्मा बाहेर प्रक्षेपित

होऊन त्यातून ऊर्जा निर्मिती होताना दिसते. (चित्र ४) हा प्रकार कृष्णविवराद्वारे कसा घडवला जातो, हे कोडे अद्याप समाधानकारकरीत्या सुटलेले नाही.

गेल्या तीन वर्षात गामा किरणांचे महास्फोट घडताना आढळले. यांचे रहस्यही अजून सुटायचे आहे. स्फोट होणाऱ्या ताऱ्यापेक्षा शंभर पटीने अधिक ऊर्जा काही सेकंदांत प्रक्षेपित करणारा स्फोट कोणत्या ऊर्जेचा वापर करतो?

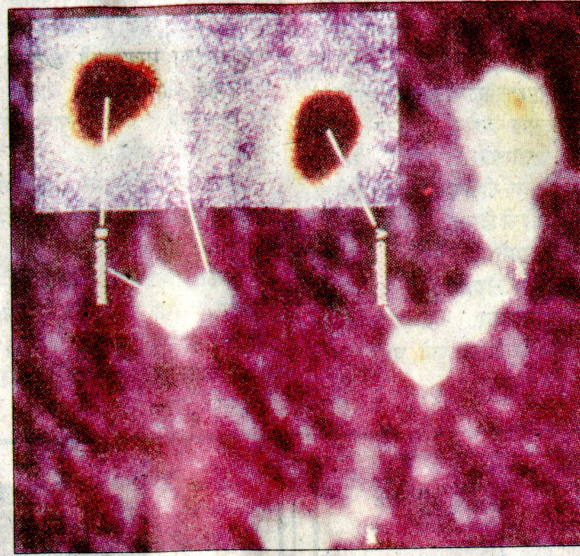
शंभर वर्षांपूर्वी ताऱ्यांच्या ऊर्जेचे रहस्य सुटले नव्हते. ते या शतकात सुटले तसे हे नवे ऊर्जास्रोत कुठले ते शोधण्याचे काम पुढल्या शतकात खचित होईल.

या संदर्भात एक नवी कल्पना अशी. चार दशकांपूर्वी आर्मेनियन खगोलशास्त्रज्ञ अंबातसुमियान यांनी ऊर्जा निर्मिती स्फोट स्वरूपात नवपदार्थ निर्मितीद्वारे होते असे म्हटले होते. गेल्या दशकात फ्रेड हॉयल, जेफरी बर्बिज आणि मी अशा स्फोटात्मक सृजनाच्या कल्पनेला भौतिकशास्त्राची बैठक पुरवण्याचा प्रयत्न केला आहे. विश्वाची निर्मिती एकमेव महास्फोटात न होता अशा लहान मोठ्या स्फोटांत पदार्थ निर्मितीद्वारे विश्वाचे सतत अस्तित्व आणि दीर्घकालीन प्रसरण चालू असते, असा आमचा दावा आहे. या कल्पनेला स्थिरवत स्थितीचा नियम म्हणतात.

विश्वरचना शास्त्र

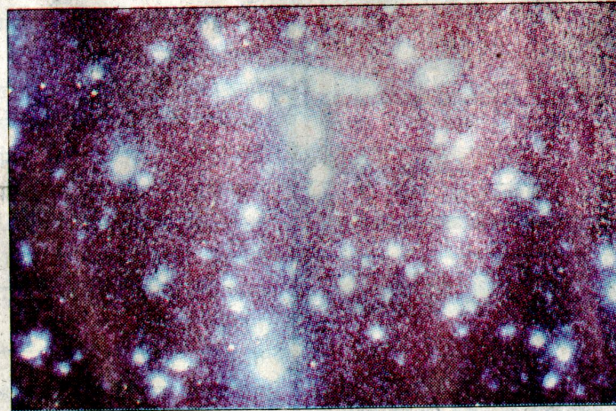
या संदर्भात महास्फोटाच्या सिद्धांतापुढे अजून काही समस्या आणि अनुत्तरित प्रश्न आहेत. त्यापैकी काही असे आहेत.

विश्वाचे वय किती? अगदी सोप्या प्रतिमानाप्रमाणे हे वय सुमारे दहा अब्ज वर्षे इतके भरते. १२-१५ अब्ज वयाच्या आकाशगंगा आणि तारकांना यात कसे समावून घ्यायचे! यावर अलीकडे आइन्स्टाइनने एकेकाळी सुचवलेली; पण नंतर मागे घेतलेली कल्पना पुन्हा पुढे केली जात आहे. ही कल्पना एका वैश्विक प्रतिकर्षणाच्या बळाची आहे. हे बळ कुठल्याही दोन वस्तूंना एकमेकांपासून दूर सारते आणि त्याची तीव्रता अंतराच्या समप्रमाणात वाढते. हे बळ कशामुळे उद्भवते, याचे उत्तर अद्याप मिळायचे आहे; पण याचा वापर केल्यास विश्वाचे वय वाढवता येते. नवीन निरीक्षणांनी- विशेष करून सुदूर अशा तारकाविश्वांच्या



६) ०९५७+५६१ अ.इ ह्या कॅटलॉग नंबरची क्वेसार बिंबे वास्तविक एकाच क्वेसारची दोन बिंबे आहेत. मूळ क्वेसारकडून येणारा प्रकाश वाटेतल्या तारकाविश्वाच्या गुरुत्वाकर्षणाने वळवला जाऊन दोन मार्गांनी निरीक्षकाकडे येतो व म्हणून दोन बिंबे दिसतात.

पुढच्या शतकातील अपेक्षा व आव्हाने



७) वरील चित्रातील चाप हा मूळ आकाशगंगेचे गुरुत्वीय भिंगातून दिसणारे 'बेढब' स्वरूप आहे. आपण वाकड्या आरशात आपले बेढब प्रतिबिंब पाहतो, तसाच हा प्रकार.

लांब जाण्याच्या वेगारून या बळाच्या अस्तित्वावर प्रकाश पडेल.

तारकाविश्वे दिसतात त्यापेक्षा प्रचंड आणि अदृश्य वस्तूंनी भरली आहेत का? तारकाविश्वांच्या समुदायातदेखील प्रचंड प्रमाणात कृष्णपदार्थ भरला आहे का? आणि हा कृष्णपदार्थ दृश्य पदार्थांच्या किती पटीने जास्त आहे? (चित्र ५) हे प्रश्न अजून अनुत्तरित आहेत आणि उत्तरांवर महास्फोटाच्या सिद्धांताचे भवितव्य अवलंबून आहे.

जर 'दृश्य' पेक्षा 'अदृश्य' किंवा 'कृष्ण' पदार्थ जास्त असेल, तर खगोलशास्त्रज्ञांना हे पचवून घेणे अवघड जाईल, की तो जे 'पाहतो' त्यापेक्षा त्याला न दिसणारे विश्व अधिक मोठे आहे.

'दिसते तसे नसते' हे तथ्य आणखी एका मार्गाने पुढे येत आहे. दूरच्या दृश्य वस्तूंची बिंबे ज्या प्रकाश किरणांद्वारे आपण पाहतो ती किरणे वाटेतल्या दृश्य किंवा अदृश्य वस्तुमानाच्या गुरुत्वाकर्षणाने वळवली जातात. त्यामुळे भिंगातून पाहावे तसे बिंबे दिसते. कधी कधी एकाच प्रकाशस्रोताची दोन किंवा अधिक बिंबे दिसतात, तर कधी कधी मूळ तारकाविश्वाचा आकारच बदललेला दिसतो. हे तथ्य पचवणेदेखील खगोल निरीक्षकांना जड जाणार आहे. (चित्र ६ व ७)

गुरुत्वीय लहरी

ज्याप्रमाणे प्रकाशस्रोतातून प्रकाशलहरी बाहेर पडतात, त्याप्रमाणे प्रचंड गुरुत्वाकर्षणाच्या वस्तूतून गुरुत्वीय लहरी बाहेर पडतात, असे सापेक्षता सिद्धांत सांगतो. मात्र या लहरी अतिशय सूक्ष्म असल्याने त्यांना टिपणे सोपे नाही. उदाहरणार्थ दोन तारे एकमेकांभोवती फिरताना अशा लहरी उत्सर्जित करतात. जेव्हा ते जवळ येत एकमेकांवर आपटतात तेव्हा त्यांची तीव्रता वाढते. अशा लहरी पदार्थातून आरपार जाऊ शकतात आणि त्या वेळी पदार्थाच्या लांबी रेंदीत क्षणिक पण अतिसूक्ष्म बदल घडतात. किती सूक्ष्म? मूळ लांबीच्या सहस्र अब्ज- अब्जांश इतके सूक्ष्म! हे बदल मोजू पाहणारी यंत्रणा उभारणे, हे सध्याच्या तंत्रज्ञानापुढे मोठे आव्हान आहे. चार-पाच देशांत अशी यंत्रणा उभारण्याचे काम चालू आहे. त्याचप्रमाणे भिंगातून अतिसूक्ष्म

संदेश पकडणे हे पण महाकठीण काम आहे. त्यामागचे गणिती प्रयोग हाताळण्याचे काम काही देशांत सुरू आहे. त्यात पुण्यातील आयुक्ताचा प्रामुख्याने सहभाग आहे.

पुढील शतकाच्या आरंभीच्या काळी यापैकी बहुतेक यंत्रणा कार्यरत होतील, जर गुरुत्वीय लहरी पकडण्यात त्यांना यश मिळाले, तर तो मानवी वैज्ञानिक वाटचालीतला एक महत्वाचा टप्पा ठरेल.

भविष्यवेधाचे धाडस

गेल्या शतकाअखेरीस कोणालाही क्वेसार, पल्सार, अंतराळातले रेणूंचे ढग, प्रसरणशील, विश्व आदींची शक्यता वर्तवणारे भाकीत करता आले नसते. जे.बी.एस. हॉलडेन ह्या जीवशास्त्रज्ञाने म्हटले आहे, की विश्व आपण कल्पितो त्यापेक्षा विचित्र तर आहेच; पण आपण कल्पना करू शकतो त्यापेक्षाही विचित्र आहे. तेव्हा पन्नास वर्षांनी काय काय खगोलशास्त्रीय शोध लागले असतील, हे सांगणे म्हणजे मोठे धाडस आहे. तरी मला वाटते सन २०५० पर्यंत खालील गोष्टी मान्य झाल्या असतील :-

१) गुरुत्वीय लहरींचा शोध लागला असेल आणि त्यांचे अस्तित्व मान्य झाले असेल.

२) विश्वाचे वय आणि आवाका सध्याच्या महास्फोटाच्या सिद्धांताने प्रतिपादित केल्यापेक्षा पुष्कळ जास्त आहे, असे आढळून येईल.

३) अंतराळात जीवाणूंचे अस्तित्व सिद्ध झाले असेल.

४) ऊर्जेच्या प्रचंड स्रोतांच्या रहस्याचे आकलन झाले असेल.

५) सौर न्यूट्रिनोंचा प्रश्न सुटला असेल.

पण हॉलडेनने म्हटल्याप्रमाणे अकल्पित असे बरेच शोध लागले असतील!

मला वाटते आपण दीर्घमुदत ठेवीत पैसे गुंतवतो तसे माझ्या आयुष्यातले एक वर्ष काढून पन्नास वर्षांनी जगायला मिळाले, तर काय छान होईल! कारण तेव्हा आजचे अकल्पित शोध मला पाहायला मिळतील. त्या वेळी हा लेख 'सकाळ'ने 'पन्नास वर्षांपूर्वी'च्या सदरात पुनर्मुद्रित केल्यास तो पाहायलाही मजा येईल.