क्या ब्रह्माण्ड का कोई उद्भव था?

प्रो० ज० व० नारलीकर
टाटा मूलभूत अनुसंधान केंद्र, बम्बई.

सामान्यतः ऐसा समझा जाता है कि ब्रह्माण्डकी (ब्रह्माण्ड के उद्गम एवं रचना का विषय) आम जीवन से हट कर एक गूढ़ चिन्तन का विषय है. कभी कभी वैज्ञानिक भी इसे विज्ञान की अपेक्षा दर्शनशास्त्र से संबन्धित एक परिकल्पित विषय मानते हैं. सत्य से इतना परे और कुछ नहीं हो सकता. यहां मैं इन मनगढ़न्त धारणाओं का खण्डन करने के लिए कुछ तर्क प्रस्तुत करता हूं.

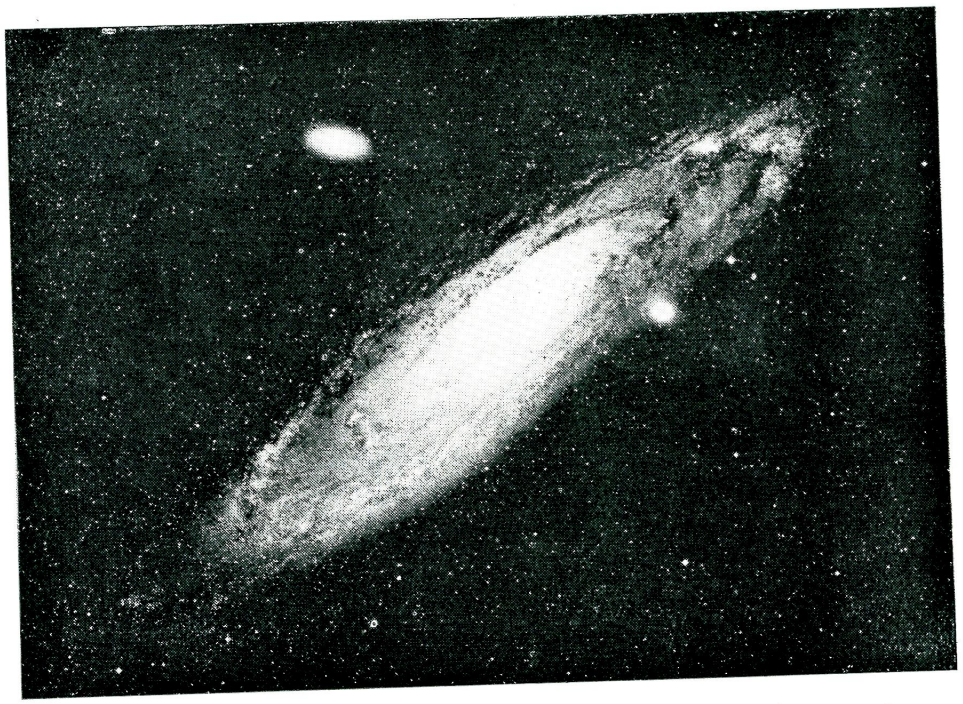
बहुत समय पूर्व, सन् 1826 में, ओल्बर्स नामक वियना के एक चिकित्सक ने एक सरल सा प्रश्न उठाया था कि रात्रि में आकाश अंधकारपूर्ण क्यों रहता है? आप शायद यह उत्तर देने के लिए उत्सुक हों कि पृथ्वी के परिभ्रमण के कारण हम बारी-बारी से आकाश के अंधेरे और सूर्य द्वारा प्रकाशित भागों को देखते हैं अतः रात्रि में आकाश के अंधेरे के बारे में और कुछ सोचने की कोई आवश्यकता नहीं है, परंतु ऐसा नहीं है. ओल्बर्स ने सहज धारणाओं तथा साधारण गणित की सहायता से यह सिद्ध कर दिया कि यह निष्कर्ष अपरिहार्य है कि आकाश को अंधेरा होने के बजाय अति दीप्त होना चाहिए, चाहे हम सूर्य के सम्मुख हों या न हों.

ब्रह्माण्डकी का प्रारम्भ

यह गणना, जिसे ओल्बर्स का विरोधाभास कहा जाता है, संक्षेप में इस प्रकार है : ओल्बर्स ने यह माना कि ब्रह्माण्ड अनंत पुराना व अनंत रूप से विस्तृत है तथा एक समान दीप्त तारों की तरह के पदार्थों से समान रूप से भरा हुआ है. इन सब तारों से हमें कितना प्रकाश प्राप्त होना चाहिए? एक दूरस्थ तारा अधिक प्रकाश नहीं भेज सकता. वास्तव में, प्रकाश के व्युत्क्रम-वर्ग नियम के अनुसार तारा जितना अधिक दूर होगा, उससे हमें उतना ही कम प्रकाश मिलेगा. परन्तु जितना अधिक दूर हम देखते हैं, उतने ही अधिक तारे हमें दिखायी देते हैं तथा उनकी संख्या इस दूरी के वर्ग के अनुपात में बढ़ती जाती है. ये दोनों प्रभाव एक दूसरे को निष्फल कर देते हैं, इस प्रकार एक निश्चित दूरी पर स्थित तारे कुल मिलाकर हमें एक सा ही प्रकाश देते हैं चाहे वे पास हों या दूर हों. इस परिणाम से ओल्बर्स ने यह अवश्यंभावी निष्कर्ष निकाला कि चूंकि तारे असीमित दूरी तक फैले हुए हैं, इसलिए हम तक पहुंचनेवाला उनका सम्मिलित प्रकाश भी असीमित होगा. दूसरे शब्दों में, चाहे सूर्य हो या न हो, आकाश असीमित रूप से दीप्त होना चाहिए.

स्पष्ट रूप से इस तर्क में कुछ न कुछ त्रुटि अवश्य है, क्योंकि यदि आकाश इतना अधिक दीप्त होता तो हम जीवित नहीं रह सकते. परंतु आधुनिक ब्रह्माण्डिकी के जन्म तक ओल्बर्स के विवेचन में कोई त्रुटि नहीं निकाली जा सकी. इस प्रश्न पर मैं बाद में विचार करूंगा.

आधुनिक ब्रह्माण्ड की का जन्म कब हुआ? वह महत्वपूर्ण खोज, जिस के कारण इसका जन्म हुआ, अमरीकी खगोलज्ञ एड्विन हबल द्वारा बीसवीं शताब्दी के तीसरे दशक के उत्तरार्ध में की गयी. उसने देखा कि दूरस्थ नीहारिकाओं से प्राप्त प्रकाश की तरंग-दैर्ध्य में एक नियमित वृद्धि है. डॉप्लर 'प्रभाव' के सुविख्यात सिद्धान्त के अनुसार जब एक प्रकाश स्रोत हमसे दूर जाता है तो उससे प्राप्त प्रकाश की तरंग-दैर्ध्य में ऐसी वृद्धि दिखायी देती है. अतः हबल ने यह निष्कर्ष निकाला कि ये नीहारिकाएं हमसे दूर जा रही हैं. उसने यह भी मालूम किया कि इस अपगमन की गति हम से उनकी दूरी के अनुपात में बढ़ती है. (ध्वनि के



चित्र 1. आकाश गंगाओं के विश्व में हमारा एक निकट पड़ोसी—ऐन्ड्रोमिडा नीहारिका (हेल वेधशाला द्वारा लिया गया चित्र)

क्षेत्र में हम डॉप्लर प्रभाव से सुपरिचित हैं. पास आ रही रेलगाड़ी की सीटी का स्वर हमें तीक्ष्ण मालूम पड़ता है और जब वह हमसे दूर जाती है तो उसका स्वर कोमल महसूस होता है.)

एक प्रतिनिधिक नीहारिका कितनी दूर है? यह कितनी बड़ी होती है? हम स्वयं एक नीहारिका में हैं. हमारी आकाश गंगा में लगभग 100,000,000,000 तारे हैं जिनमें हमारा सूर्य भी शामिल है. इसका आकार फूली हुई रोटी (bun) की तरह का है और इसका विस्तार 100,000 प्रकाश वर्ष है. (प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय की गई दूरी को एक प्रकाश वर्ष कहा जाता है. लगभग 300,000 कि० मी० प्रति सेकंड की गति से यह दूरी लगभग 10,000,000,000,000 कि० मी० होती है.) हबल की दृष्टि हमारी आकाश गंगा के बाहर थी तथा उसकी नीहारिकाएं हमारी आकाश गंगा जैसी तथा लाखों प्रकाश वर्ष दूर थीं. चित्र 1 में ऐन्ड्रोमिडा नीहारिका को दर्शाया गया है जो हमारे निकट पड़ोसियों में से एक है तथा लगभग 20 लाख प्रकाश वर्ष दूर है.

हबल के निरीक्षणों का क्या अर्थ है? क्या हमारी स्थिति में ऐसी कोई विशेषता है जिसके कारण

बाकी सब आकाश गंगाएं हमसे दूर जा रही हैं? इस पूर्व-कोपर्निकस निष्कर्ष का कोई औचित्य नहीं है. यदि हम एक मानसिक प्रयोग करें तथा कल्पना करें कि किसी अन्य आकाश गंगा से ब्रह्माण्ड कैसा दिखायी देगा तो वह हमें ऐसा ही दिखायी देगा. हमारे इस नये प्रेक्षण स्थल से शेष सभी आकाश गंगाएं दूर जाती दिखायी देंगी. वास्तव में, हबल के आंकड़ों की उचित व्याख्या यह होगी कि आकाश-गंगाओं सहित सारा ब्रह्माण्ड फैल रहा है.

ब्रह्माण्ड क्यों फैलना चाहिए? क्या यह सदैव फैलता रहेगा? भूतकाल में यह किस प्रकार का था? इन सब प्रश्नों का वैज्ञानिक ढंग से समाधान खोजने के लिए आइन्सटाइन के सापेक्षता के सिद्धांत पर आधारित गणितीय मॉडल तैयार किये गये हैं. इस क्षेत्र में फ्रीड्मान् ने अपूर्व कार्य किया. इसलिए इन मॉडलों को फ्रीड्मान् मॉडल कहा जाता है. इन मॉडलों के अनुसार ब्रह्माण्ड की सृष्टि एक भीमकाय विस्फोट से हुई और इसके द्वारा उत्पन्न फैलाव अब धीमा होता जा रहा है. इसकी दो संभावनाएं हैं : एक तो यह कि फैलाव धीमा होता चला जाये परन्तु कभी न रुके. इस स्थिति में सारी आकाश गंगाएं आपस में इतनी दूर हो जाएंगी कि उनमें से प्रत्येक ब्रह्माण्ड के अपने भाग में अकेली रह जाएगी. दूसरी संभावना में आकाशगंगाएं दूर जाना बन्द कर देंगी तथा पुनः पास आ जाएंगी : फैलाव के स्थान पर संकुचन होगा. इस संकुचन का अन्त एक विशाल अन्तःस्फोट में होगा.

'विचित्रता'

विशाल विस्फोट से उत्पत्ति के कारण फ्रीड्मान् मॉडलों को 'महाविस्फोट' मॉडल भी कहा जाता है. ऐसा अनुमान है कि यह विस्फोट लगभग 10-15 अरब वर्ष पूर्व हुआ था. इस महाविस्फोट की घटना से पूर्व कुछ भी नहीं था. इस विस्फोट के कारणों या इसकी प्रक्रिया पर भौतिकी प्रकाश डालनेमें असमर्थ है. यहां गणितीय सिद्धान्त लागू नहीं होते. ऐसी स्थिति को 'विचित्रता' कहा जाता है.

क्या भौतिक विवरणों में ऐसी विचित्रता होनी चाहिए? विज्ञान के अन्य क्षेत्रों में इसे विवरण की कमी माना जाता तथा इन्हें सुधारने के प्रयास किये जाते. बहुत से वैज्ञानिक ब्रह्माण्ड के उद्भव की इस विचित्रता को अवश्यभावी एवं अनिवार्य मानते हैं. यह घटना इतनी गूढ़ है कि विज्ञान इसे समझाने में पूरा न उतरे. कुछ ऐसे वैज्ञानिक भी हैं जो इस विचारधारा का विरोध करते हैं. उनका मत है कि ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति (यदि वास्तव में ऐसा कुछ हुआ हो) भी विज्ञान के दायरे में उसी प्रकार आती है जिस प्रकार इस का परवर्ती विकास. ये लोग इस विचित्रता को आइन्सटाइन के दिक्काल और भौतिकी सम्बन्धी वर्णन की अपूर्णता का संकेत मानते हैं. व्यक्तिगत रूप से मैं इस विचारधारा का समर्थक हूं.

इसी धारणा के कारण तीन अंग्रेज वैज्ञानिकों—हर्मान् बोंडी, टामस गोल्ड तथा फ्रेड हॉयल ने सन् 1948 में एक प्रतिस्पर्धी ब्रह्माण्डिकीय सिद्धान्त प्रस्तुत किया. इसे ब्रह्माण्ड की स्थायी अवस्था का सिद्धान्त कहा जाता है. इसके अनुसार ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति हुई ही नहीं. यह अनादि और अनंत है. इसके अतिरिक्त, जैसा कि विशेषण 'स्थायी' का अर्थ है, ब्रह्माण्ड सदा एक सा ही दिखायी देना चाहिए. यह नियमित रूप से फैलता जा रहा है तथा एक निश्चित घनत्व बनाये रखने के लिए नये द्रव्य का सृजन लगातार हो रहा है. इस अन्तर की ओर ध्यान दीजिए. 'महाविस्फोट ब्रह्माण्ड' में सब द्रव्यों का सृजन विस्फोट के समय हुआ तथा यह प्रक्रिया विज्ञान के दायरे से बाहर है. परन्तु 'स्थायी अवस्था' ब्रह्माण्ड में द्रव्य का सृजन लगातार हो रहा है और गणितीय समीकरणों द्वारा इस प्रक्रिया को समझाया जा सकता है तथा समझाया गया है.

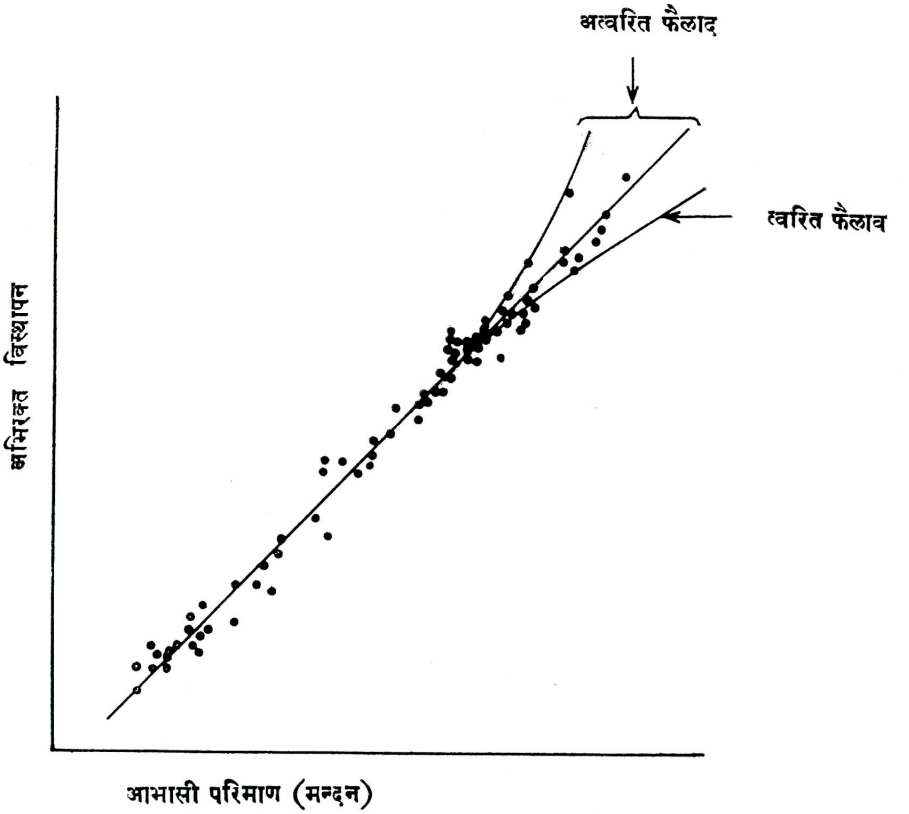
सिद्धान्त प्रतिपादन अलग रहा, निरीक्षण हमें क्या बताते हैं? क्या ब्रह्माण्ड के उद्भव के लिए विस्फोट हुआ था या यह स्थायी अवस्था में है? या इन से एकदम भिन्न अन्य कोई विवरण है? अब मैं संक्षेप में इस समस्या से संबंधित कुछ अवलोकनों का वर्णन करूंगा.

सर्वप्रथम और सब से पुराने अवलोकन ब्रह्माण्ड के अत्यन्त दूरस्थ भागों के लिए हबल के निरीक्षणों का विस्तारित रुप हैं. अमरीका की हेल वेधशाला के खगोलज्ञों ने हबल के निरीक्षणों का विस्तार हबल की मूल दूरी के सौ गुनी से भी अधिक दूरी के लिए किया. इस प्रयोग के पीछे यह आशा थी कि शायद ब्रह्माण्ड के फैलाव के मन्दन का पता लगाया जा सके. 'महाविस्फोट' सिद्धान्त के अनुसार यह फैलाव अब मन्द पड़ना चाहिए. दूसरी ओर, स्थायी अवस्था सिद्धान्त के अनुसार यह फैलाव तीव्र होना चाहिए. ये निरीक्षण किस ओर संकेत करते हैं?

चित्र 2 में इस निरीक्षणों से प्राप्त परिणामों को सैद्धान्तिक परिणामों के साथ साथ दर्शाया गया है. स्थायी अवस्था सिद्धान्त पर आधारित आलेख एकदम दायें है. अन्य आलेख 'महाविस्फोट' सिद्धान्तों पर आधारित हैं. एक निष्पक्ष मत के अनुसार यह चित्र अनिर्णायक है. ऐसी बहुत सी निरीक्षण तथा सैद्धान्तिक अनिश्चितताए हैं जिन के कारण अभी किसी निश्चित निष्कर्ष पर नहीं

(पृष्ठ 6 पर)

चित्र 2. क्रिस्टिन, सेण्डेज तथा वेस्टफाल के परिणामों पर आधारित अभिरक्त—परिमाण आलेख (सन 1976 में पेरिस में हुई IAU/CNRS संगोष्ठी में प्रतिवेदित)



क्या ब्रह्माण्ड के जन्म के लिए विस्फोट हुआ था ?

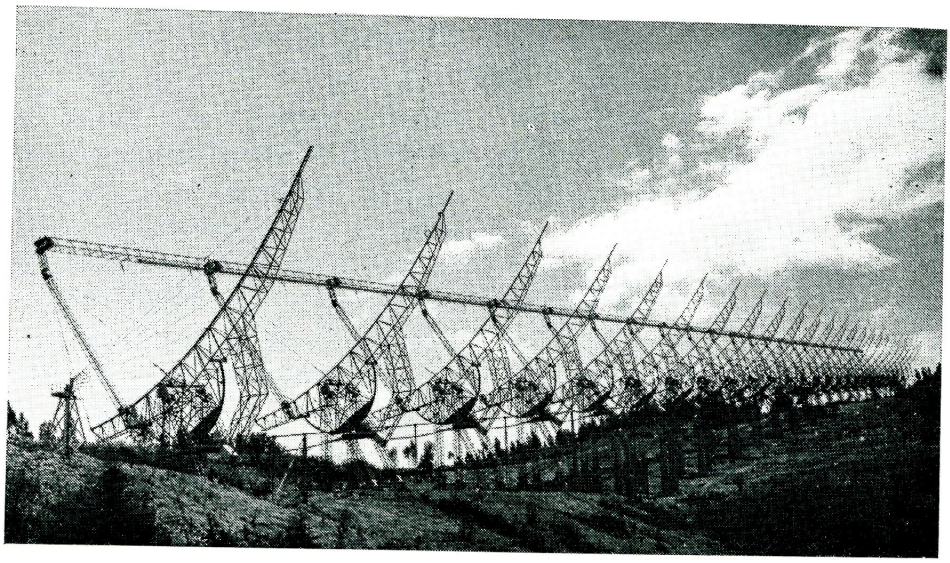
(पृष्ठ 5 से)

पहुंचा जा सकता. आशा है कि अमरीका में बनने वाले बड़े अन्तरिक्ष दूरदर्शकों की सहायता से कुछ अनिश्चितताओं का समाधान किया जा सकेगा.

अनिश्चितताएं

अभी हाल ही में टाटा मूलभूत अनुसंधान केंद्र, बम्बई के गोविन्द स्वरूप एवं उनके सहयोगियों द्वारा एक महत्वपूर्ण परीक्षण किया गया जिसमें ऊटकमण्ड स्थित रेडियो दूरदर्शक (चित्र 3 देखिए) के आधा किलोमीटर क्षेत्र में फैले हुए ऐन्टेना–व्यूह का उपयोग किया गया. इस का उद्देश्य रेडियो स्रोतों का कोणीय आकार नापना तथा दूरी के साथ इस के परिवर्तन को मालूम करना था. हम अपने आसपास के क्षेत्र में यूक्लिडीय ज्यामिती का ही उपयोग करते हैं. इसका एक निष्कर्ष यह है: यदि हम किसी वस्तु को प्रेक्षक की आंखों से दूर ले जायें तो उसे वह वस्तु छोटी होती दिखायी देगी. ऐसा इसलिए होता है कि वस्तु द्वारा अंतरित कोण वस्तु के दूर हटाये जाने के साथ साथ कम होता जाता है. इसी प्रकार एक दूरस्थ आकाश गंगा द्वारा अंतरित कोण एक उसी प्रकार की किन्तु पास में स्थित आकाश गंगा के कोण से छोटा होना चाहिए. परन्तु ऐसा नहीं है. 'महाविस्फोट' ब्रह्माण्ड में वस्तु को अनंत दूरी की ओर ले जाये जाने पर उसका कोणीय आकार नियमित रूप से शून्य की ओर अग्रसर नहीं होता. प्रारम्भ में यह कम होता है, परन्तु इसके बाद पुनः बढ़ने लगता है. ऐसा इसलिए है कि यहां यूक्लिडीय ज्यमिति के स्थान पर रीमान् ज्यामिति का उपयोग किया जाता है. स्कूल में पढ़े हुए यूक्लिडीय ज्यामिति के बहुत से परिणाम रीमान् ज्यामिति में लागू नहीं होते. चित्र 4 में दूरी के साथ कोणीय आकार के परिवर्तन के तीन आलेख दर्शाये गये हैं.

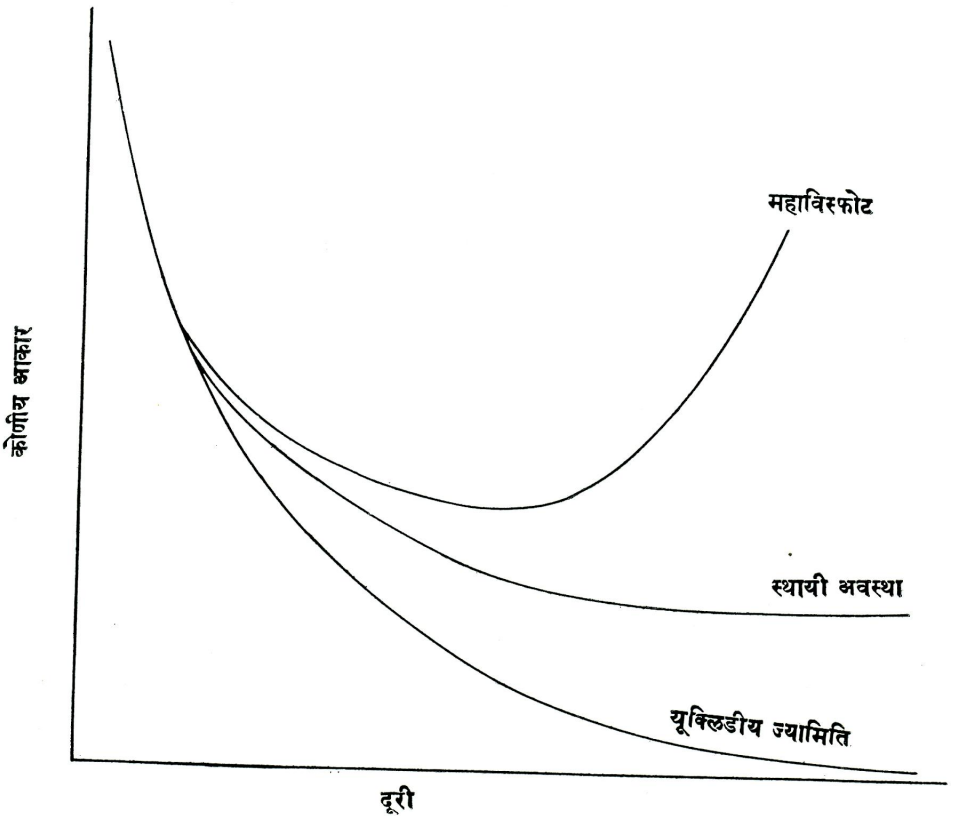
क्या हम यह परीक्षण कर सकते हैं, कि हमारे ब्रह्माण्ड के लिए कौन सा आलेख उपयुक्त है? स्वरूप आदि ने रेडियो आकाश गंगाओं तथा क्वेसरों, जो साधारणतया बहुत दूर माने जाते हैं, को देख कर इस समस्या का समाधान करने की आशा की थी. चन्द्रमा के साथ अपगुहन कर के रेडियो स्रोतों का कोणीय आकार नापने के लिए ऊटी स्थित रेडियो दूरदर्शक आदर्श रूप से उपयुक्त है. जैसे ही चंद्रमा रेडियो स्रोत की दृष्टि रेखा को काटता है, इसकी निर्गत शक्ति में कमी आ जाती है. इस प्रकार स्रोत के आकार के बारे में सही जानकारी प्राप्त होती है.



चित्र 3. ऊटी दूरदर्शक

दुर्भाग्य से ऐसी अनेक अनिश्चितताएं हैं जिनके कारण आंकड़ों का विवेचन विवादास्पद हो जाता है. रेडियो स्रोतों की दूरी निश्चित करने का कोई प्रत्यक्ष तरीका नहीं है. आंतरिक शक्ति तथा आलेखित निर्गत फ्लक्स द्वारा ही इस का अनुमान लगाया जाता है. यदि रेडियों स्रोतों के लिए 'मानक केंडल' जैसी कोई चीज होती तो यह विश्वसनीय तरीका होता. वास्तव में, ये स्रोत अपनी आंतरिक शक्ति में बहुत अधिक (10,000 गुने से भी अधिक) भिन्न होते हैं. इसलिए इन

चित्र 4. ये तीन आलेख दिखाते हैं कि दूरी के साथ कोणीय आकार किस प्रकार परिवर्तित होता है.



से निकाले गये निष्कर्ष भी काफ़ी हद तक इस पर निर्भर करते हैं कि इस गणना में प्रयोग किये गये प्राचलों का क्या मान लिया गया है.

स्वरूप आदि ने यह निष्कर्ष निकाला कि उन के आंकड़े 'महाविस्फोट' मॉडलों का समर्थन करते हैं तथा वे अविकासवादी स्थायी अवस्था सिद्धान्त का खण्डन करते हैं. चित्रे और मैं उन से सहमत नहीं हैं. हमारा विश्वास है कि उपरोक्त अनिश्चितताओं तथा आंकड़ों के प्रचुर छितराव के कारण स्थायी अवस्था मॉडल का खण्डन नहीं होता. यदि भविष्य में ऊटी तथा अन्य स्थानों के परिमार्जित आंकड़े अधिक सही निष्कर्ष दे सकें तो यह काफी महत्त्वपूर्ण होगा.

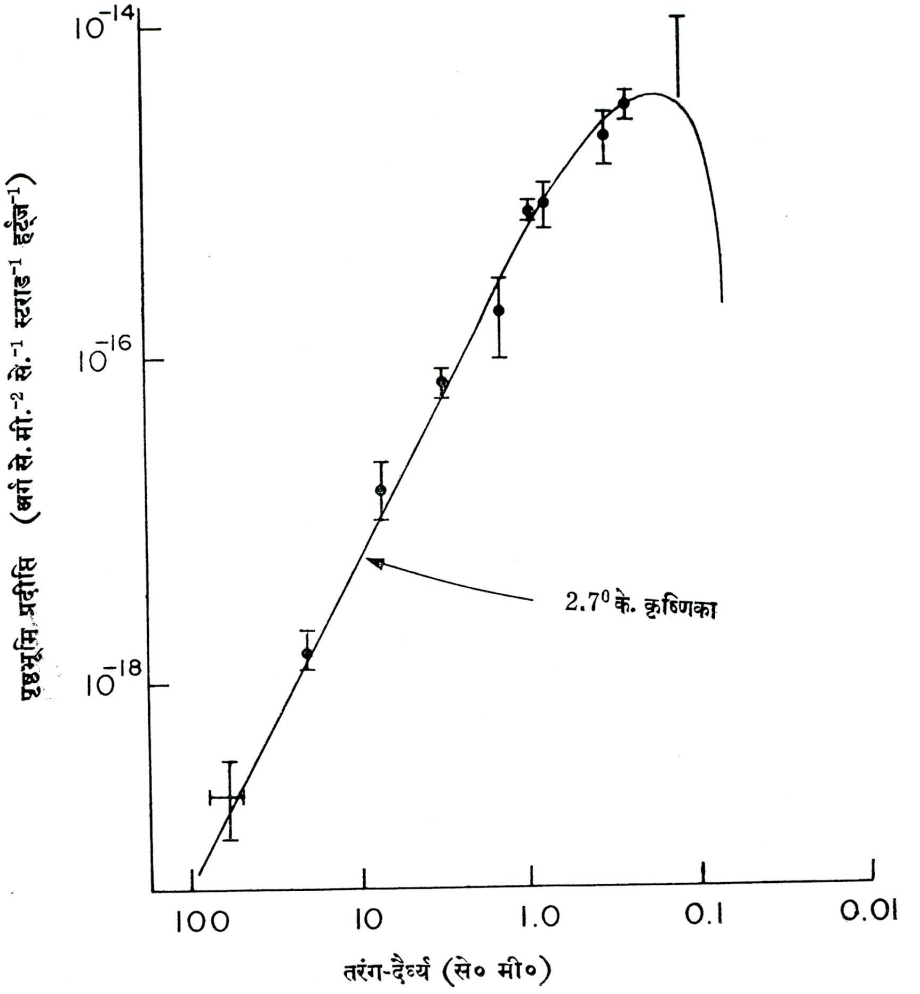
अन्त में मैं उस तथ्य का उल्लेख करता हूं जिसे 'महाविस्फोट' सिद्धान्त के समर्थन में सबसे प्रबल प्रमाण माना जाता है. बीसवीं सदी के पांचवें दशक में जार्ज गैमो ने अनुमान लगाया था कि ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के पहले कुछ क्षणों में उच्च तापमान विकिरण का विशाल भंडार रहा होगा जो अब तक शीतल हो चुका होगा तथा जिसे अब दिखायी देना चाहिए.

सन् 1965 में, आनों पेन्जियास तथा रॉबर्ट विल्सन ने वास्तव में इस प्रकार के विकिरण, सूक्ष्म तरंग क्षेत्र में प्राप्त किए. बहुत सी खगोलीय खोजों की भांति यह खोज भी एक संयोग थी. फिर भी इसने विविध तरंग दैर्ध्यों में मापन कार्य करने के लिए विभिन्न दलों को आशा प्रदान की. इस प्रकार प्राप्त आंकड़ों को चित्र 5 में प्रस्तुत किया गया है. बिन्दुओं से होता हुआ अटूट वक्र सैद्धान्तिक आलेख है, जो 2·7° K० (परम) तापमान पर रखी कृष्णिका द्वारा विकिरण के कारण है.

यह प्रतिपादन करना अभी शेष है कि क्या ये आंकड़े लघु तरंग-दैर्ध्यों पर खींचे गये आलेखों से मिलान करते हैं. भू–तल स्थित खगोलिकी से ऐसा नहीं किया जा सकता. इन विकिरणों को नापने के लिए हमें अवशोषक वायुमण्डलीय सतहों से ऊपर जाना पड़ेगा. निकट भविष्य में अंतरिक्ष भौतिकी से इस क्षेत्र में सहायता मिल सकेगी.

यदि कृष्णिका वक्र प्रतिपादित हो जाता है तो यह स्थायी अवस्था सिद्धान्त के लिए एक बहुत बड़ी समस्या होगी. क्या यह सिद्धान्त बिना उच्च तापमान युग की कल्पना किये इस विकिरण की व्याख्या कर सकेगा? यदि यह नहीं कर सके तो इसे त्याग देना चाहिए. व्यक्तिगत रूप से मेरा विश्वास है कि यह समस्या अजय नहीं रहेगी.

मैं फिर ओल्बर्स विरोधाभास पर आता हूं. उस की गणनाओं में त्रुटि कहां रह गयी? इस का उत्तर है : उन्हें यह मालूम नहीं था कि ब्रह्माण्ड फैल रहा है. डॉप्लर प्रभाव के कारण दूरस्थ स्रोतों से प्राप्त प्रकाश और भी क्षीण हो जाता है और इसका योगदान ओल्बर्स और उसके उत्तरवर्ती वैज्ञानिकों द्वारा गणना किये गये अंश से काफी कम हो जाता है. अतः इस प्रश्न 'रात्रि में आकाश अन्धकारपूर्ण क्यों रहता है?' का उत्तर यह है कि 'ब्रह्माण्ड फैल रहा है'.



चित्र 5. सूक्ष्म तरंग पृष्ठभूमि मापन. सैद्धान्तिक आलेख दीर्घ तरंग-दैर्ध्य क्षेत्र में समुचित रूप से काम करता है. शीर्ष के दायीं ओर लघु तरंग-दैर्ध्य क्षेत्र में परीक्षण करने की आवश्यकता है।

मैंने ब्रह्माण्ड के उद्भव के बारे में आजकल हो रहे वाद-विवाद की वर्तमान स्थिति का वर्णन किया है. स्पष्टतः यह कहना मूर्खतापूर्ण होगा कि अन्तिम शब्द कह दिये गये हैं. शीर्षक में उठाये गये प्रश्न का उत्तर आज के अधिकतर खगोलज्ञ हां में देंगे. मैं उन अल्पसंख्यकों में से एक हूं जिन का विचार है कि इस निष्कर्ष पर पहुंचने में सावधानी रखनी चाहिए.

द्वितीय विश्वयुद्ध तक ब्रह्माण्डिकी के क्षेत्र में सारे निवेश दृष्य-खगोलिकी से प्राप्त होते थे. इसके बाद रेडियो-खगोलिकी का असाधारण विकास हुआ जिसने ब्रह्माण्ड-शास्त्रियों के ज्ञान में काफी वृद्धि की. प्रेक्षणात्मक खगोलिकी की ये दोनों शाखाएं भू–तल से ही:कार्य करती रही हैं. पिछले दो दशकों से अंतरिक्ष भौतिकी ने ब्रह्माण्ड की रचना को नयी अन्तर्दृष्टि प्रदान करनी शुरू की है. क्ष-किरण, अवरक्त किरण तथा गामा किरण आदि की सहायता से आज खगोलज्ञ वायुमण्डल के बाहर से ब्रह्माण्ड को देख सकता है. यहां तक कि प्रकाशीय-खगोलज्ञों को भी आशा है कि अंतरिक्ष दूरदर्शक की रचना करके अंतरिक्ष तकनीकी का लाभ उठाया जा सकता है. पश्चिमी देशों तथा जापान की भांति भारत में भी अंतरिक्ष भौतिकी की आधुनिक तकनीकों का उपयोग प्रारम्भ हो गया है—भाभा और साराभाई ने इस संभावनाओं को काफी पहले ही समझ लिया था. इस समय यह कहना कठिन है कि भविष्य में कौन से नये परिणाम प्राप्त होंगे और वे ब्रह्माण्ड के बारे में हमारे ज्ञान में क्या परिवर्तन करेंगे. आखिरकार, खगोलिकी ने अप्रत्याशित खोजों के कारण ही उन्नति की है. ■

प्रो० नारलीकर द्वारा 22 अगस्त, 1977 को इन्जीनियरी संस्थान (बम्बई) में दिये गये तृतीय विक्रम साराभाई स्मरणात्मक व्याख्यान पर आधारित