विस्फोटित ब्रह्माण्ड

डॉ० जयंत विष्णु नारलीकर
टाटा इन्स्टीट्यूट ऑव फंडामेण्टल रिसर्च, होमी भाभा रोड, बाम्बे-400005

[सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक डॉ० जयंत विष्णु नारलीकर का यह लेख 'द एक्सप्लोडिंग यूनिवर्स' 'द इलस्ट्रेटेड वीकली ऑव इंडिया' नामक पत्रिका के 6-12 नवंबर अंक में छपा था। इसका अनुवाद किया है 'विज्ञान' के सुपरिचित लेखक आर० के० प्रताप ने जो ए० पी० एन० डिग्री कॉलेज, बस्ती में शिक्षा विभाग में प्राध्यापक हैं। इसका पहला और दूसरा भाग 'विज्ञान' फरवरी और मई 1984 अंकों में छप चुका है। यह अंतिम भाग (तीसरा भाग) है। अनुवाद और प्रकाशन की अनुमति के लिए हम लेखक और इलस्ट्रेटेड वीकली पत्रिका के अभारी हैं। —सम्पादक]

प्रारंभिक ब्रह्माण्ड

सिद्धांत और निरीक्षणों के मध्य सहमति तप्त महाविस्फोट निर्मित के हेतु प्रत्यक्षतः पर्याप्त प्रमाण प्रस्तुत करती है। आधुनिक नाभिकीय सिद्धांत से प्राप्त आंकड़ों के आधार पर पुनः की गयी गैमो की गणनाओं के सैद्धांतिक मानों और हल्के नाभिकों की बहुलता के निरीक्षणों के मध्य स्पष्ट समानता है। भारी नाभिकों का जन्म तारों के भीतर माना जाता है।

विज्ञान का उद्देश्य ज्ञान के क्षितिज का अनवरत विस्तार करना है। इस उद्देश्य का ब्रह्माण्डविज्ञान में उपयोग करते हुए हम प्रश्न कर सकते है कि "अवशेषी विकिरण के साक्ष्य के आधार पर यह स्वीकार करते हुए कि आदिम संगलन संयंत्र में हलके नाभिक बन रहे थे क्या हम इस संगलन प्रक्रिया के पहले की ब्रह्माण्डीय स्थिति की खोज नहीं कर सकते ?"

तप्त महाविस्फोट-आदर्श के अनुसार हल्के नाभिकों का निर्माण ब्रह्माण्ड के कुछ अरब डिग्री से० से लाखों डिग्री से० तक ठंढे होने में हुआ। आधुनिक गणना के अनुसार यह प्रक्रिया ब्रह्माण्ड के जन्म के कुछ सेकेंडों पश्चात् आरम्भ होकर लगभग तीन मिनटों की अवधि तक घटी। इस अवधि के प्रारम्भ में ब्रह्माण्ड में परमाणु नाभिकों की निर्माण इकाइयों के रूप में प्रोटॉन न्यूट्रॉन की अस्तित्व में थे।

आधुनिक ब्रह्माण्डविज्ञानियों के प्रश्न बहुधा इस प्रकार के होते हैं, "यह निर्माण इकाइयाँ कैसे अस्तित्व में आईं ? क्या उनका निर्माण महाविस्फोट के समय हुआ अथवा वे ब्रह्माण्ड के जन्म के प्रारम्भिक क्षणों में किसी और वस्तु से निर्मित हुए ?"

कण-भौतिकशास्त्री (पार्टिकिल फिजिसिस्ट) विश्वास करते हैं कि प्रोटॉन और न्यूट्रॉन अथवा सामान्य रूप से बेरयान (अभी तक न खोजे जा सके) क्वार्क-कणों के संयोग से उत्पन्न हुए हैं। सिद्धान्तकारों के अनुसार क्वार्क अनेक प्रकार, रंग और प्रभाव (कलर्स ऐण्ड फ्लेवर्स) के होते हैं, यद्यपि यह गुण सामान्य प्रचलित अर्थ की अभिव्यक्ति नहीं करते। तीन क्वार्क कण एक दूसरे से संयोगित होकर बेरयान निर्मित करते हैं। एक बेरयान के निर्माण या नष्टीकरण के लिये हमें त्रि-क्वार्क संयोग या भंजन में सक्षम होना चाहिये। सिद्धांतकारों के अनुसार यह संयोजी-बल इतने शक्तिशाली होते हैं कि सामान्य रूप में उपरोक्त प्रक्रिया संभव नहीं होती। और इसी विश्वास से

बेरयान संख्या का 'संरक्षण नियम' अस्तित्व में आया था। इसी कारण एक दशक पूर्व तक कण-भौतिक विज्ञानियों ने महाविस्फोट के साथ-साथ गैमो की चर्चा के केन्द्र प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की उत्पत्ति की धारणा को समर्थन दिया होता।

परंतु निकट के वर्षों में कण-भौतिकी की नई खोजों ने इस विश्वास के संशोधन की प्रक्रिया प्रारंभ की है। ये खोजें महान एकीकरण सिद्धांत (ग्राण्ड यूनीफाइड थियरी, GUT) जो आधारभूत भौतिक अंतर्क्रियाओं से संबंधित है, से जुड़ी हैं। लेकिन पहले हम भौतिकी की चार प्रकार की ज्ञात आधारभूत अंतर्क्रियाओं को समझने का प्रयास करें।

इन चारों में सबसे प्राचीन गुरुत्व है जिसका भौतिक बल के रूप में परिमाणन (क्वांटीफिकेशन) सर आइजक न्यूटन ने प्रिंसिपिया में 1687 में किया था। यह किन्हीं भी दो पदार्थों के बीच कार्यरत सार्वभौमिक बल है और ग्रहों की गतियों, तारों की संरचना, समुद्री ज्वार इत्यादि घटनाओं के लिये उत्तरदायी है। दूसरा विद्युत-चुम्बकीय बल है जो हमारे चतुर्दिक स्थित पदार्थ के परमाणुओं और अणुओं की संरचना निर्धारित करता है। शेष दोनों बलों—बली और निर्बल अंतर्क्रियाएँ—का प्रभाव क्षेत्र अत्यन्त अल्प है और उनके प्रभाव परमाणु खण्डों पर ही देखे जाते हैं। 1915 में जब अल्बर्ट आइंस्टीन ने सामान्य सापेक्षता सिद्धांत को गुरुत्व-बल की व्याख्या-हेतु आविष्कृत किया तब केवल दो बल ही ज्ञात थे। आइंस्टीन इन दोनों बलों का एकीकरण करने के प्रयास में थे परंतु उनकी आशा उनके जीवन काल में पूर्ण नहीं हुई।

1970 के दशक के प्रयोगों ने यह सिद्ध किया कि अब्दुस्सलाम और स्टीफेन वियनबर्ग के विद्युत् चुम्बकीय तथा निर्बल अंतर्क्रियाओं को एकीकृत करने के सैद्धांतिक प्रयास सही दिशा में थे। इस विद्युत् निर्बल सिद्धांत (इलेक्ट्रोवीक थियरी) ने यह विश्वास जगाया कि एक महान एकीकरण सिद्धांत भी प्रस्तुत किया जा सकता है जिसमें बलीअंतर्क्रियाएं भी सम्मिलित हों। अनेक प्रयत्नों के बाद भी यह अभी किया नहीं जा सका है परन्तु गुरुत्व को भी अपनी परिधि में समेटने वाले अति-महान एकीकरण सिद्धांत के लिये प्रयत्न प्रारम्भ किये जा चुके हैं।

सभी प्रस्तुत महान एकीकरण सिद्धांत इस बात पर सहमत हैं कि बेरयान उत्पन्न भी किये जा सकते हैं और नष्ट भी। इससे दो सम्भावनाएँ सामने आती हैं। प्रायोगिक विधि में यह पदार्थ के भीतर प्रोटॉन-क्षय (प्रोटॉन डिके) की खोज से संबंधित है। ऐसे परिणाम संभवतः सर्वप्रथम भारत के कोलार स्वर्ण खदानों में हो रहे प्रयोगों से प्राप्त होने चाहिये।

दूसरी प्रविधि सैद्धांतिक है जिसमें भिन्न-भिन्न गट (Gut) आदर्शों का उपयोग किया जाता है। अभाग्यवश ऐसे सभी प्रयत्नों में यह माना जाता है कि गट-भविष्यवाणियाँ तभी महत्वपूर्ण होती हैं जब हमारे पास अति तीव्र गति कण संघट्टशील हों। तभी बेरयानों को विखन्डित किया जा सकता है। परन्तु इतनी तीव्रगति के लिये अपेक्षित ऊर्जा क्या होगी?

विश्व में फर्मीलैब पार्टिकिल ऐक्सीलरेटर जो बटाविर इलिनाय में है सबसे बड़ा है, के निर्माण में अरबों डालर खर्च हुए हैं और यह खरबों इलेक्ट्रॉन वोल्ट ऊर्जा वाले कण उत्पन्न करता है (इलेक्ट्रॉन वोल्ट ऊर्जा की इकाई है। यदि विश्राम स्थिति में एक इलेक्ट्रॉन पूरी तरह ऊर्जा में परिवर्तित कर दिया जाये तो पाँच लाख इलेक्ट्रॉन वोल्ट ऊर्जा उत्पन्न होगी) गट-भविष्यवाणियों के परीक्षण के लिये हमें ऐसे ऐक्सीलरेटर्स (कण-त्वरकों) की आवश्यकता है जो फर्मीलैब द्वारा उत्पन्न कणों की ऊर्जा से लाखों लाख गुना अधिक ऊर्जायित हों। यह सम्भावना न तो आर्थिक और न ही तकनीकी दृष्टि से ही व्यवहारिक है।

तब गट भौतिकविज्ञानियों के लिये एकमात्र विकल्प अंतरिक्ष में ऐसे स्थानों की खोज है जहाँ ऐसी ऊर्जावाले कण उपलब्ध हों। अभी तक खगोलशास्त्री ऐसी ऊर्जा का एक ही उदाहरण जानते हैं—वह है प्रारम्भिक ब्रह्माण्ड। महाविस्फोट के तत्काल बाद की अवधि में इतनी उच्च ऊर्जा वाले कण उत्पन्न हुए थे यद्यपि यह अवधि बहुत कम—एक सेकेण्ड का

करोड़वां करोड़वां करोड़वां करोड़वां भाग था यानि 10^{-36} सेकेण्ड ।

इस अत्यल्प अवधि में कणों की ऊर्जाएँ इतनी अधिक रही होंगी कि महान एकीकरण सिद्धांत का अनुभव सम्भव था । आज के विश्व की संरचना उसी क्षणांश में निश्चित हुयी होगी ।

ब्रह्माण्डविज्ञानी और कण-भौतिकशास्त्री जिन प्रश्नों से जूझ रहे हैं वे इससे संबंधित हैं कि ब्रह्माण्ड की रचना के इन प्रारंभिक क्षणों में कैसे, कब और कहाँ यह संरचना निश्चित हुयी । विशेष रूप में वे यह अनुमानित करना चाहते हैं कि इस क्रांतिक-काल में बेरयान कैसे और कितने परिमाण में निर्मित हुए— यह वह समस्या है जिसके समाधान के लिये दो दशक पूर्व स्थिर-स्थिति-ब्रह्माण्डविज्ञानी इसलिये आलोचना के शिकार हुए थे क्योंकि उनके समाधान से भौतिक-विज्ञान के संरक्षण-नियम की अवहेलना होती थी ।

क्वांटम-ब्रह्माण्ड

क्या इस निर्माण-काल के और निकट जाना संभव है ? साधारण तर्क के आधार पर यह कहा जा सकता है कि पहले 10^{-33} सेकेण्ड में ब्रह्माण्ड का व्यवहार क्वांटम-सिद्धान्तों से संचालित था । यह वह सिद्धांत है जिससे परमाणुओं और अणुओं के आकार के कणों की गति-समस्याओं को हल किया जाता है ।

क्वांटम-सिद्धांत महत्वपूर्ण 'अनिश्चितता धारणा' से परिचित कराती है । जिसकी प्रारंभिक चर्चा 1920 में वर्नर हीजेनवर्ग द्वारा की गयी थी । न्यूटन के परवर्ती काल में विकसित शास्त्रीयभौतिकी में निश्चय-वाद (डिटरमिनिज्म) एक स्थापित धारणा थी । अर्थात् यदि किसी भौतिक प्रणाली की वर्तमान स्थिति के संबंध में पर्याप्त तथ्य ज्ञात हों तो उसके भावी व्यवहार की भविष्यवाणी की जा सकती थी । डीजेन वर्ग के 'अनिश्चितता नियम' के अनुसार यह भविष्य-वाणी पूरी तरह संभव नहीं है । भौतिकी के नियमों में एक वस्तु की स्थिति-निर्धारण की सीमाएँ हैं और इसलिये उसकी भविष्यवाणियों में अनिश्चितता निहित है । अतएव यह बताने के स्थान पर कि कोई प्रणाली किस प्रकार का निश्चित व्यवहार करेगी भौतिक विज्ञानी प्रणाली को उपलब्ध अनेक विकल्प मार्गों की अनिश्चितताएँ प्राप्त कर सकता है ।

शास्त्रीय भौतिकी की अद्वितीयता, क्वांटम-सिद्धांत में एक प्रणाली के संभावित भावी-व्यवहार का परास व्यक्त करती है ।

ब्रह्माण्डविज्ञान में इस समस्या को विपरीत रूप में प्रस्तुत करके यह तर्क दिया जा सकता है कि क्वांटम-अवधि में ब्रह्माण्ड का पूर्व इतिहास विशिष्ट और निश्चित नहीं था । इसके स्थान पर, ब्रह्माण्ड के विकास की अनेक संभावनाएँ उपस्थित थीं और हम नहीं जानते कि किस मार्ग का अवलम्बन किया गया । क्या हम अनेक विकल्प-मार्गों से उसी रूप में अनिश्च-यता संयुक्त कर सकते हैं जैसे एक परमाणुविज्ञानी एक इलेक्ट्रॉन के किसी विशेष स्तर से संबंधित होने पर करता है ?

क्वांटम ब्रह्माण्डविज्ञान में भी अनेक दिशाओं से कार्य हो रहा है और सभी के परिणाम एक जैसे भी नहीं हैं । मैं संक्षेप में पिछले छः-सात वर्षों में अपने द्वारा विकसित की गयी विधि का परिचय देना चाहूँगा । इस विधि में विस्तारित होते ब्रह्माण्ड के मापक-तत्व (स्केल फैक्टर) के इतिहास के निश्चय पर बल दिया गया है । शास्त्रीय फ्रीडमैन-निर्मित में मापक तत्व जो किसी विशेष अवधि में किन्हीं दो विशेष निरीक्षकों के बीच की दूरी बताता है महाविस्फोट के पश्चात् शून्य मान से प्रारंभ करके स्थिर रूप से बढ़ता रहता है । क्वांटम-ब्रह्माण्ड विज्ञान में हम यह जिज्ञासा करते हैं कि "इस विशेष मापक तत्व के इतिहास की बाधा कितनी है ?" महत्वपूर्ण रूप में हम यह जानना चाहते हैं कि क्या अतीत की किसी अवधि में बाधाएँ अतीव प्रभावशाली और मापक तत्व शून्य था ? यदि इसका उत्तर 'हाँ' हो तो हम विश्वास के साथ कह सकते हैं कि ब्रह्माण्ड का प्रारम्भ महाविस्फोट से हुआ था ।

परन्तु मनोरंजक रूप में, मेरी गणनाएँ ऐसा

प्रदर्शित नहीं करतीं। यह असंभावना कि विश्व शून्य आयतन से प्रारंभ हुआ, वहां शून्य है। अर्थात महा-विस्फोट के द्वारा ब्रह्माण्ड का प्रारंभ जो फ्रीडमैन-समाधान में निहित है अपवाद बन जाता है। ब्रह्माण्ड का शून्य से अलग कोई निश्चित आकार रहा होगा और इसलिए इसका कोई प्रारम्भ नहीं हुआ होगा (अनादि)। यह परिणाम स्थिर अवस्था सिद्धांत से बौद्धिक निकटता प्रदर्शित करता है जिसमें ब्रह्माण्ड अनादि है, यह स्वीकृत है।

अपनी पुस्तक नीहारिकाओं का क्षेत्र (द रेल्म ऑव द नेबुला) में एडविन हबिल ने लिखा था, "खगोल का इतिहास पीछे छूटते हुए क्षितिजों का इतिहास है।" आइंस्टीन के शोधपत्र के प्रकाशन के पैंसठ वर्षों में ब्रह्माण्डविज्ञानियों ने इस क्षितिज को और परे ठेल दिया है। यदि हबिल और आइंस्टीन आज जीवित होते तो निश्चय ही निकट के वर्षों में ब्रह्माण्डविज्ञान के निरीक्षणात्मक और सैद्धांतिक पक्षों की प्रगति से बहुत प्रभावित हुए होते।

मैंने प्रस्तुत लेख में सैद्धांतिक दृष्टिकोण को स्पष्ट करने का प्रयास किया है। यह सैद्धांतिक खोजें खगोल-विज्ञान की विभिन्न शाखाओं, उपग्रहों और अन्य स्थानों पर लगाए गये दूरवीक्षणयंत्रों के निरीक्षणों का परिणाम हैं। अगले दो-तीन वर्षों में लगाये जाने वाली अंतरिक्ष-दूरबीने (स्पेस टेलिस्कोप) इस ज्ञान में और वृद्धि करेंगे—ऐसी आशा वैज्ञानिकों को है।

यद्यपि महाविस्फोट आज का स्वीकृत सिद्धान्त है फिर भी इसकी अपनी कमियाँ तो हैं ही। इस सिद्धांत से ब्रह्माण्ड की आयु 8 से 12 अरब वर्ष होनी चाहिये परन्तु हमारी अपनी आकाशगंगा इससे अधिक आयु की हो सकती है, अन्य मंदाकिनियाँ तो हैं ही। तब माँ-बाप से अधिक उम्र के बच्चे? अजीब परि-स्थिति है।

महाविस्फोट के पक्ष में सर्वाधिक शक्तिशाली साक्ष्य लघुतरंगी अवशेषी विकिरण में भी व्याख्या की कुछ समस्याएँ हैं। अधिकांश ब्रह्माण्डविज्ञानियों का विश्वास है कि मंदाकिनियों का निर्माण इस विकिरण अवशेष के निर्माण के समय विषमांग तत्वों के चतुर्दिक वृद्धि से हो सका। यदि ऐसा हुआ हो इन असमांगताओं का कुछ प्रभाव निरीक्षित अवशेष पर प्राप्त होना चाहिये।

परंतु सांख्यिकीय जाँच से अवशेषी लघुतरंगी विकिरण के वर्णक्रम और अनुमानित श्याम-पिण्ड वक्र के बीच पर्याप्त सहमति नहीं प्राप्त होती। क्या इसका यह निष्कर्ष है कि वर्णक्रम अवशेषी-विकिरण का नहीं है वरन् कभी बाद के काल में निर्मित हुआ? अवशेषी-व्याख्या के विकल्प लोकप्रिय तो नहीं है परन्तु उन पर गंभीरतापूर्वक विचार किया जा रहा है।

यह कहना अनावश्यक है कि यदि यह सिद्ध हो जाए कि अवशेषी लघुतरंगी विकिरण अपेक्षाकृत निकट अतीत में उत्पन्न हुआ तो स्थिर अवस्था सिद्धान्त को पुनर्जीवन प्राप्त हो सकेगा।

प्रारंभिक ब्रह्माण्ड संबंधी अनुसंधानों ने भी अनेक कठिन समस्याएं प्रस्तुत कर दी हैं। एक समस्या अवांछित एकाकीध्रुव (मानोपोल) की है। शास्त्रीय विद्युत्-चुम्बक सिद्धांत में स्वतंत्र चुम्बकीय ध्रुवों का अस्तित्व स्वीकार्य नहीं है। यह ध्रुव सदैव द्विध्रुवी संयोगों (डाइपोल काम्बीनेशन) में प्राप्त होते हैं। परंतु गट-भविष्यवाणियों के अनुसार प्रारंभिक ब्रह्माण्ड में अनेक एकाकीध्रुव उत्पन्न हुए थे। वे सभी आज कहाँ हैं? सिद्धांतकार उन स्थितयों पर कार्य कर रहे हैं जहाँ इन एकाकीध्रुवों की संख्या बहुत न्यून रह गयी हो क्योंकि उनकी उपस्थिति बड़े गंभीर प्रभाव उत्पन्न करेगी।

पाठकों ने उपरोक्त विवरण में जीव-विज्ञान और पृथ्वी के अतिरिक्त अन्य स्थानों पर जीवन-प्रणालियों की चर्चा का अभाव महसूस किया होगा। यह विश्वास करना अत्यंत कठिन है कि जीवन का विकास एकाकी रूप में हमारी पृथ्वी पर ही हुआ। क्या जीवन का अस्तित्व अन्य कहीं भी है? जीवन के उद्भव और विकास की समय मापितियों की विशेषताएँ कौन सी हैं? उनकी ब्रह्माण्डीय समय से कैसे तुलना की जा सकती है? फ्रेडहायल और चंद्रा विक्रमसिंघे का

[शेष पृष्ठ 7 पर]