

ब्रह्माण्ड *

जयन्ती प्रसाद [prasad.jayanti@gmail.com]
अर्तविश्वविध्यालय खगोल भौतिकी एवं खगोल विज्ञान केंद्र
(पुणे विश्वविध्यालय परिसर, पुणे महाराष्ट्र, 411007)

फरवरी 18, 2012

मानव अनादिकाल से ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति और विकास के बारे में सोचता रहा है। रात के विस्तृत आकाश में फैले टिमटिमाते तारे हमेशा से उसका आकर्षण का केन्द्र रहे हैं। इतना ही नहीं विश्व की लगभग सभी महान संस्कृतियों में आकाशीय पिंडों को लेकर लोक-कथायें मौजूद हैं। बीसवीं शताब्दी से पहले मानव के पास वो साधन उपलब्ध नहीं थे जिनसे वो अपनी धारणाओं को पुष्ट कर पाता। आज स्थिति ऐसी है कि मानव ने पृथ्वी से हजारों और लाखों मील दूर अंतरिक्ष में अलग-अलग प्रकार की दूरबीनें¹ रखी हुई हैं जो नित नयी जानकारी भेजती रहती हैं और हमें ब्रह्माण्ड के उन हिस्सों के बारे में भी पता चलता है जहां से प्रकाश को आने में भी लाखों साल लग जाते हैं। चन्द्रमा पर कदम रखे हुये मानव को आधी सदी से अधिक समय हो चुका है और अब तो मानव मंगल सहित सौरमंडल के कई ग्रहों² पर अंतरिक्ष यान भेज चुका है। कुछ साल पहले भेजे स्पिरिट और ऑपरचुनिटि नाम के दो रोबोट मंगल ग्रह की सतह की बारीकी से पड़ताल कर रहे हैं और हॉर्इंग्स नाम का उपकरण शनि ग्रह और उसके उपग्रहों के बारे में जानकारीयां एकत्र कर भेज रहा है। सन 1977 में छोड़ा गया वोयजर 2 नाम का अंतरिक्षयान ³ 12,566,232,000 किलोमीटर की दूरी तय करके सन 2007 में सौरमंडल को छोड़कर बाहर निकल चुका है। कहने की आवश्यकता नहीं है कि पृथ्वी की सतह पर इतनी शक्तिशाली दूरबीनें स्थापित की गयीं हैं कि मानव के पड़ताल का क्षेत्र असीमित हो गया है। चित्र १ में हबल स्पेस दूरबीन से ली गयी कुछ आकर्षक तस्वीरें दिखायी गयी हैं।

एक शताब्दी पहले हमें ब्रह्माण्ड के विस्तार के बारे में कोई अनुमान नहीं था लेकिन आज हम जानते हैं कि हमारा सौरमंडल⁴ एक आकाशगंगा ⁵ जिसका नाम दुग्ध-मेखला ⁶ है, का मात्र एक सदस्य है, जिसमें दस खरब अन्य तारे⁷ हैं, और जिनमें से बहुतों के सूरज की तरह ही अपने सौरमंडल हैं। दुग्ध-मेखला की विशालता का अनुमान इसी से लगाया जा सकता है कि इसके एक कोने से दूसरे कोने में पहुंचने के लिये प्रकाश को हजारों साल लग जाते हैं जबकि प्रकाश एक सेकंड में तीस करोड़ किलोमीटर चल सकता है। अभी तक प्राप्त जानकारी से पता चला है कि ब्रह्माण्ड में अरबों अन्य आकाशगंगायें हैं जिनमें से बहुत सी आकाशगंगायें आकार-प्रकार में दुग्ध-मेखला की तरह ही हैं (चित्र २ में हबल स्पेस टेलीस्कोप से ली गयी एक फोटो दिखायी गयी है जिसमें लगभग दस हजार आकाशगंगायें हैं)। इतना ही नहीं बहुत सी आकाशगंगाओं के अत्यधिक स्पष्ट छायाचित्र भी प्राप्त कर लिये गये हैं (चित्र ३ में एक आकाशगंगा जिसका नाम ऐंड्रोमीडा है को दिखाया गया है)। यों तो हमारी आकाशगंगा में हजारों करोड़ तारे हैं लेकिन अभी तक हमें बहुत कम तारों के सौरमंडलों के बारे में पता चला है। अभी तक हमें किसी ऐसे ग्रह के बारे में पता नहीं चला है जो बिलकुल हमारी धरती की तरह हो और जिस पर जीवन संभव हो सके। इसका मुख्य कारण यह है कि अधिकांश तारे हमसे इतनी दूर हैं कि उनसे दोतरफा संपर्क स्थापित करना कठिन है। हमारे निकटतम तारे से भी प्रकाश को हम तक पहुंचने में तीन साल लग जाते हैं।

बिना किसी दूरबीन के अगर हम आकाश को देखें तो हमें सिर्फ ग्रह और नक्षत्र (तारे) दिखायी देंगे लेकिन अगर हम आकाश को किसी अत्यधिक शक्तिशाली दूरबीन से देखें तो हमें ग्रह और नक्षत्रों के अलावा कई

*Universe



Figure 1: नंगी आंखों से देखने पर हमें सारे आकाशीय पिण्ड एक जैसे ही दिखते हैं लेकिन अगर हम किसी शक्तिशाली दूरबीन से आसमान को देखें तो हमें उनकी विभिन्नतायें और विशेषतायें पता लगती हैं । प्रस्तुत छायाचित्र में हबबल स्पेस नामक दूरबीन से ली गयी कुछ तस्वीरों को दिखाया गया है । यह दूरबीन पृथ्वी के चारों ओर लगभग 500 किलोमीटर की ऊंचाई पर पृथ्वी का चक्कर लगा रही है । पृथ्वी के वायुमंडल से बाहर होने के कारण यह न सिर्फ रात दिन काम कर सकती है बल्कि यह उस अवरोध से मुक्त है जो प्रकाश को पृथ्वी तक पहुंचने के लिये वायुमंडल के कारण सहन करना पड़ता है । अपने पिछले पंद्रह साल के कार्यकाल में हबबल स्पेस दूरबीन ने हमें ग्रहों, नक्षत्रों और आकाशगंगाओं के अलावा बहुत सारी ऐसी तस्वीरें भी दी हैं जिनमें हम नक्षत्रों के बनने की प्रक्रिया को प्रत्यक्ष देख सकते हैं । प्रस्तुत छायाचित्र की कुछ तस्वीरों में स्पष्टता के लिये छस रंगों का उपयोग किया गया है ।



Figure 2: इस छायाचित्र में हबबल स्पेस दूरबीन द्वारा आसमान के एक भाग जिसे हबबल अल्ट्रा डीप फ़ील्ड कहते हैं की तस्वीर को दिखाया गया है । इस तस्वीर में लगभग दस हजार आकाशगंगाएँ हैं जिसमें से बहुत सारी आकाशगंगाएँ हमारी आकाशगंगा की तरह ही हैं । इस तस्वीर को बहुत सारी तस्वीरों को मिलाकर बनाया गया है जो कि दूरबीन में लगे हुये कैमरे से लगभग ग्यारह दिन तक कैमरे को एक ही दिशा में केंद्रित करके ली गयी हैं । इस तस्वीर में कुछ आकाशगंगाएँ ब्रह्माण्ड की प्रचीनतम आकाशगंगाओं में से हैं । इस तस्वीर को देखने से हम आकाशगंगाएँ की विविधता का अनुमान लगा सकते हैं ।



Figure 3: इस छायाचित्र (सौ० हबलसाईट) में ऐंड्रोमीडा नामक आकाशगंगा को दिखाया गया है जो हमारी आकाशगंगा जिसका नाम दुग्धमेखला है, से 26 लाख प्रकाश वर्ष दूर है। यह आकाशगंगा एक चक्रीय या तश्तरी के आकार की है जैसे कि अधिकांश आकाशगंगाएँ होती हैं। एक आकाशगंगा में लगभग दस हजार करोड़ तारे होते हैं। ऊपर दिखाये गये छायाचित्र में हर बिंदु एक तारा है। हमारी आकाशगंगा भी देखने में ऐंड्रोमीडा की तरह ही है। अक्सर आकाशगंगाएँ समूह में पायी जाती हैं। हमारी आकाशगंगा जिस समूह की सदस्य है उसमें लगभग दो दर्जन छोटी और बड़ी और आकाशगंगाएँ हैं। उपर के चित्र में भी दो छोटी आकाशगंगाओं को आसानी से देखा जा सकता है। आकाशगंगाओं का आकार तश्तरीनुमा उनके घूमने के कारण होता है। हमारी आकाशगंगा लगभग 400 किलोमीटर प्रति सेकेण्ड की रफ्तार से घूम रही है। ऐंड्रोमीडा और हमारी आकाशगंगा एक दूसरे की ओर 500,000 किलोमीटर प्रति घंटा की रफ्तार से बढ़ रही हैं और 300 करोड़ साल या 3 बिलियन साल में एक दूसरे में समाहित हो जायेंगी।

आकाशगंगाएँ भी दिखायी देंगी। चित्र २ में हबल स्पेस टेलिस्कोप द्वारा आकाश के एक भाग जिसे हबल अल्ट्रा डीप फ़ील्ड कहते हैं का एक छायाचित्र दिखाया गया है जिसमें हजारों आकाशगंगाएँ मौजूद हैं। हम आकाशगंगाओं को ब्रह्माण्ड की मूलभूत इकाईयाँ मान सकते हैं। लगभग सौ साल पहले ब्रह्माण्ड का विस्तार सिर्फ हमारी आकाशगंगा तक माना जाता था लेकिन अमेरिकी खगोलविदों ने पता लगाया कि ब्रह्माण्ड में अन्य आकाशगंगाएँ भी हैं। अमेरिकी खगोलविद ऐडविन हबल जिसे आधुनिक ब्रह्माण्ड विज्ञान⁸ का जनक भी माना जाता है, ने बीसवीं सदी के दूसरे दशक में खोज निकाला कि अधिकांश आकाशगंगाएँ हमसे दूर जा रही हैं। आकाशगंगाएँ जो हमसे जितनी अधिक दूर हैं उनकी दूर जाने की गति भी उतनी ही अधिक है। आकाशगंगाओं के दूर जाने का कारण यह माना गया कि हमारे और आकाशगंगाओं के बीच का स्थान विस्तार ले रहा है। ब्रह्माण्ड के इस विस्तार को हबल विस्तार कहते हैं।

हबल की महत्वपूर्ण खोज से पहले हुई दो महत्वपूर्ण खोजें यहां उल्लेखनीय हैं। उनमें से पहली आधुनिक भौतिकशास्त्र के जनक अंग्रेजी वैज्ञानिक सर आइजैक न्यूटन ने की थी। उन्होंने बताया कि जिस गुरुत्वाकर्षण बल के कारण पृथ्वी ऊपर फेंकी हुई चीजों को अपनी ओर खींचती है उसी गुरुत्वाकर्षण बल के कारण सूर्य अन्य ग्रहों को अपनी ओर खींचता है। दूसरी महत्वपूर्ण खोज पोलैंड के खगोलविद निकोलस कॉपरनिकस ने की थी। उन्होंने पहली बार पता लगाया था कि पृथ्वी सूर्य के चारों ओर घूमती है न कि सूर्य पृथ्वी के चारों ओर जैसा कि तब तक लोग सोचते थे। कॉपरनिकस ने यह बताकर कि पृथ्वी सौरमंडल के केंद्र में नहीं है, मानव के महत्व को कम कर दिया जो यह सोचता आया था कि मानव का स्थान ब्रह्माण्ड में बिशिष्ट है। आधुनिक ब्रह्माण्ड वैज्ञानिक कॉपरनिकस की खोज को व्यापक अर्थों में एक नियम, जिसे ब्रह्माण्ड विज्ञान का नियम⁹ कहते हैं, के रूप में उपयोग में लाते हैं। इस नियम के अनुसार ब्रह्माण्ड में न तो कोई स्थान बिशिष्ट

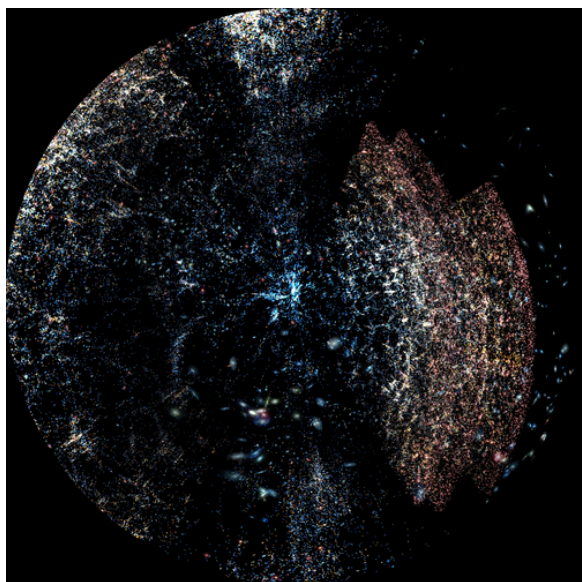


Figure 4: इस छायाचित्र (सौ० एसडीएस-एस) में आकाशगंगाओं के वितरण का एक नक्शा दिखाया गया है । आकाशगंगाओं का ब्रह्माण्ड में वितरण न तो पूर्णतया एकसमान है और न ही अनियमित अपितु उनका वितरण एक खास तरह से होता है । इस चित्र में हर बिंदु एक आकाशगंगा को प्रदर्शित करता है तथा नक्शे में कुल मिलाकर दस लाख से अधिक आकाशगंगाएँ हैं । इस नक्शे को बनाने के लिये न्यू मैक्सिको में रखी गयी उस दो मीटर व्यास की दूरबीन का उपयोग किया गया जिसको स्लोन डिजिटल स्काई सर्वे नामक सर्वे उपयोग में लाती है ।

है और न ही कोई दिशा ।

ब्रह्माण्ड के सभी द्रव्य पिंड¹⁰ एक दूसरे को गुरुत्वाकर्षण बल से आकर्षित करते हैं । अगर हम माने कि ब्रह्माण्ड का विस्तार सीमित है तो हम पायेंगे कि ऐसी स्थिति में ब्रह्माण्ड का संतुलन खतरों में पड़ जायेगा क्योंकि ब्रह्माण्ड की सीमाओं पर जो पिंड होंगे उन्हें बाहर से कोई आकर्षित करने वाला नहीं होगा और इसलिये वो अन्दर की ओर खिंचते चले आयेंगे और अन्त में ब्रह्माण्ड का सारा पदार्थ एक बिंदु पर एकत्र हो जायेगा । लेकिन अगर हम यह माने कि ब्रह्माण्ड का विस्तार असीमित है तो ऐसी स्थिति में ब्रह्माण्ड का हर पिंड चारों तरफ से अन्य पिंडों से आकर्षित होगा और ब्रह्माण्ड को संतुलन मिल जायेगा लेकिन यह संतुलन उस सुई के संतुलन के समान होगा जिसे सिर के बल खड़ा रखा गया है । क्योंकि जैसे ही हम ब्रह्माण्ड के किसी एक पिंड को विस्थापित करेंगे ब्रह्माण्ड का संतुलन बिगड़ जायेगा और फिर ब्रह्माण्ड का सारा पदार्थ एक जगह संचनित हो जायेगा । न्यूटन ने इस समस्या को हल करने की कोशिश की लेकिन उनको सफलता प्राप्त नहीं हो सकी । बीसवीं सदी के दूसरे दशक में जर्मन मूल के प्रसिद्ध वैज्ञानिक अल्बर्ट आइंस्टाइन ने ब्रह्माण्ड के संतुलन को अपने खोजे हुये सापेक्षता के व्यापक सिद्धान्त ¹¹ से समझाने की कोशिश की लेकिन इसके लिये उन्हें एक ऐसे सर्वव्यापी पदार्थ, जिसे अब लोग कॉसमोलोजिकल कांस्टेंट के रूप में जानते हैं, की कल्पना करनी पड़ी जो बहुत अधिक दूरी पर गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव को बदल दे (आकर्षण के बजाय यह प्रतिकर्षण में बदल जाय) । आइंस्टाइन ने ब्रह्माण्ड का जो मॉडल दिया था उसके अनुसार न तो ब्रह्माण्ड का विस्तार हो सकता था और न ही संकुचन लेकिन जब हबल ने खोज निकाला कि ब्रह्माण्ड का विस्तार हो रहा है तो आइंस्टाइन को अपना पूर्वाग्रह छोड़ना पड़ा ।

ब्रह्माण्ड में जो कुछ भी घटित होता है उसके लिये देश-काल¹² एक रंगमंच का काम करता है । बीसवीं शताब्दी से पहले लोगों की धारणा थी कि देश और काल अचर¹³ होते हैं अथवा दो स्थानों के बीच की दूरी और दो घटनाओं के बीच का समय अन्तराल सभी प्रेक्षकों ¹⁴ के लिये एकसमान रहता है चाहे वो कहीं भी हों और किसी भी प्रकार की गति कर रहे हों । लेकिन आइंस्टाइन के सापेक्षता के नियम से पता चलता है कि यह सत्य नहीं है । आधुनिक वैज्ञानिक देश-काल को स्थैतिक या अचर न मानकर गतिज या परिवर्तनशील¹⁵ मानते हैं ।

जैसा कि बताया गया है कि ब्रह्माण्ड में मौजूद ऊर्जाओं से उत्पन्न गुरुत्व प्रभाव देश-काल की ज्यामितीय संरचना को बदल देता है । ब्रह्माण्ड में उपस्थित सभी प्रकार के पदार्थ कणों की गति ब्रह्माण्ड की ज्यामिती से निर्धारित होती है । दो द्रव्यमान एक दूसरे से तभी तक बंधे रह सकते हैं जब तक उनके बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल की ऊर्जा उनकी गति के कारण जो ऊर्जा है उससे अधिक हो । उदाहरण के लिये अगर हम कोई वस्तु बहुत तेजी से फेंके तो वो पृथ्वी को छोड़कर चली जायेगी । उस न्यूनतम वेग जो किसी वस्तु को

पृथ्वी के आकर्षण से मुक्त होने के लिये चाहिये को पलायन वेग¹⁶ कहते हैं । पलायन वेग का मान द्रव्यमान पर निर्भर करता है । चन्द्रमा पर वातावरण नहीं होने का मुख्य कारण पलायन वेग का कम होना है जिसके कारण गैसों जो वातावरण का निर्माण करती हैं आसानी से उसको छोड़ देती हैं ।

ब्रह्माण्ड की क्षेत्रीय ज्यामिती ब्रह्माण्ड में उपस्थित सभी प्रकार की ऊर्जाओं के घनत्व और ब्रह्माण्ड के प्रसार की गति (हबल नियतांक) पर निर्भर करती है । अगर ऊर्जाओं का घनत्व एक निश्चित मात्रा, जो हबल नियतांक पर निर्भर करती है, से अधिक होता है तो ब्रह्माण्ड की क्षेत्रीय ज्यामिती उत्तल या वक्रता धनात्मक, और अगर कम तो ज्यामिती अवतल या वक्रता ऋणात्मक हो जाती है । धनात्मक वक्रता वाला ब्रह्माण्ड एक निश्चित सीमा तक विकसित होने के बाद संकुचित होने लगता है और अन्त में एक बिंदु के रूप में इसका अन्त हो जाता है । शून्य और ऋणात्मक वक्रता वाला ब्रह्माण्ड अनन्तकाल तक विकसित होता रहता है । यहां पर यह सब जिक्र करने का उद्देश्य यह बताना था कि यदि हम ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति और समस्त प्रकार की ऊर्जाओं का पता कर लें तो हम यह बता सकते हैं कि ब्रह्माण्ड का अन्त कैसे होगा ।

यहां पर इस बात का जिक्र करना अत्यंत आवश्यक है कि न्यूटन के नियमों के अनुसार न तो प्रकाश को और न तो गुरुत्व बल को एक स्थान से दूसरे स्थान में पहुंचने में कोई समय लगता था । उदाहरण के लिये यदि सूरज अगर पृथ्वी को आकर्षित करना बंद कर दे तो न्यूटन के नियमों के अनुसार पृथ्वी तुरन्त सूरज के चक्कर लगाना छोड़ देगी । आइंस्टाइन ने बताया कि न तो प्रकाश और न ही गुरुत्वाकर्षण अनन्त तीव्रता से गमन कर सकता है । कोई भी वस्तु या प्रभाव प्रकाश की गति से तीव्र गति से गमन नहीं कर सकता है । प्रकाश की निर्वात में गति एक सार्वभौमिक नियतांक के रूप में मानी जाती है । खगोलीय पिण्डों से जो प्रकाश हमें आज प्राप्त होता है वह उनके द्वारा अतीत में उत्पन्न किया गया था क्योंकि प्रकाश एक स्थान से दूसरे स्थान में पहुंचने में समय लेता है । हम अक्सर खगोलिय पिण्डों की दूरियों को उनके द्वारा छोड़े गये प्रकाश को हम तक पहुंचने में लगे समय के रूप में व्यक्त करते हैं । उदाहरण के लिये अगर किसी पिण्ड से हम तक पहुंचने में प्रकाश को एक वर्ष लगता है तो हम कहते हैं कि उस पिण्ड की हमसे दूरी एक प्रकाश वर्ष है जिसका मान 9,460,528,400,000 किलोमीटर होता है । खगोलभौतिकी में अक्सर बहुत बड़ी-बड़ी राशियों का उपयोग होता है जिनको दस की घातों के रूप में ज्यादा सुविधाजनक ढंग से व्यक्त किया जा सकता है । उदाहरण के लिये एक प्रकाश वर्ष का मान 9.46×10^{12} किलोमीटर होता है और प्रकाश की निर्वात में चाल 3×10^8 मीटर प्रति सेकेण्ड होती है । अक्सर हम दस की कुछ घातों को उनके संक्षिप्त नामों से व्यक्त करते हैं जिनमें से नैनो (10^{-9}), माइक्रो 10^{-6} , मेगा 10^6 , और गीगा 10^9 प्रमुख हैं । अक्सर खगोलिय दूरियों को प्रकाश वर्ष के बजाय पारसेक में व्यक्त किया जाता है जहां कि एक पारसेक का मान 3.26 प्रकाश वर्ष होता है ।

आधुनिक वैज्ञानिक तीन क्षेत्रीय विमाओं¹⁷ आगे-पीछे, दायें-बायें और उपर-नीचे के अलावा समय (भूत-भविष्य) को भी एक विमा मानते हैं । क्योंकि ब्रह्माण्ड में जो कुछ भी घटित होता है उसके लिये ये चार विमायें रंगमंच का काम करती हैं । ब्रह्माण्ड में जो कुछ भी घटित होता है वह कहीं न कहीं होता है और किसी न किसी समय होता है । आइंस्टाइन ने बताया कि ब्रह्माण्ड में पदार्थ और ऊर्जा चाहे वो किसी भी स्वरूप में हो उनकी प्रकृति होती है कि वो अपने आसपास गुरुत्व क्षेत्र उत्पन्न करें और जो भी अन्य पदार्थ या ऊर्जा उनके गुरुत्व क्षेत्र में आये उसे अपने गुरुत्वाकर्षण से प्रभावित करें । आइंस्टाइन ने यह भी बताया कि बजाय यह मानने के कि एक वस्तु दूसरी वस्तु को गुरुत्वाकर्षण बल से आकर्षित करती है यह मानना ज्यादा उचित है कि वस्तुयें अपने आसपास के क्षेत्र और समय की ज्यामितीय संरचना को विकृत कर देती हैं । इसका एक प्रत्यक्ष उदाहरण हमें तब देखने को मिलता जब प्रकाश किरणें किसी शक्तिशाली वस्तु (जैसे कि सूर्य) के गुरुत्व क्षेत्र में सीधी रेखा में न गमन कर एक वक्र पथ का अनुकरण करती हैं और जिसे प्रत्यक्ष रूप

से देखा जा सकता है। यहां पर यह सब जिक्र करने का उद्देश्य यह बताना था कि ब्रह्माण्ड की ज्यामितीय संरचना जिसकी जानकारी ब्रह्माण्ड विज्ञान की खोजों के लिये अत्यंत आवश्यक है, उन सारे पदार्थों और ऊर्जाओं के गुरुत्वाकर्षण से निर्धारित होती है जो ब्रह्मांड में व्याप्त हैं।

आईंस्टाइन का गुरुत्व बल का सिद्धांत जिसे सापेक्षता के व्यापक सिद्धांत के नाम से जाना जाता है न्यूटन के गुरुत्व बल के सिद्धांत से मुख्यतया तीन बातों में अलग था (1) न्यूटन के सिद्धांत के अनुसार गुरुत्व बल को एक स्थान से दूसरे स्थान पहुंचने में कोई समय नहीं लगता था जबकि आईंस्टाइन के सिद्धांत से कोई भी प्रभाव प्रकाश की गति से तेज नहीं चल सकता था (2) आईंस्टाइन के सिद्धांत से द्रव्यमान और ऊर्जा दोनों ही गुरुत्व प्रभाव उत्पन्न करते हैं न कि सिर्फ द्रव्यमान जैसा कि न्यूटन के सिद्धांत में माना जाता है (3) आईंस्टाइन के सिद्धांत से द्रव्यमान और ऊर्जा के साथ-साथ दबाव भी गुरुत्व प्रभाव उत्पन्न कर सकता है। आगे हम जिक्र करेंगे कि आईंस्टाइन के सिद्धांत से उत्पन्न होने वाले गुरुत्व बल की प्रकृति 3 गुणा ऊर्जा घनत्व + दबाव घनत्व पर निर्भर करती है। यदि यह संख्या धनात्मक है तो गुरुत्व बल की प्रकृति आकर्षित करने वाली होती है अन्यथा यह प्रतिकर्षित करने वाली होती है।

इससे पहले कि हम ब्रह्माण्ड, उसकी सीमाओं, विस्तार, और विस्तार के परिणामों की चर्चा करें, यह जानने की कोशिश करते हैं कि ब्रह्माण्ड में जो पदार्थ है उसकी मूल स्तर पर¹⁸ संरचना¹⁹ और प्रकृति²⁰ कैसी है।

प्राचीन भारतीय और पाश्चात्य दर्शन में यह माना जाता था कि ब्रह्माण्ड में जो भी पदार्थ है वो पांच मूल तत्वों पृथ्वी, जल, वायु, आकाश, और अग्नि से मिलकर बना हुआ है। आधुनिक वैज्ञानिक यह मानते हैं कि ब्रह्माण्ड के सभी पदार्थों की संरचना लगभग सौ प्रकार के मूलतत्वों से होती है (चित्र ५ में दायीं तरफ के पैनेल को देखें)। यहां पर यह ध्यान देने योग्य है कि इनमें से बहुत से मूलतत्व क्षणजीवी या मानव निर्मित भी हैं। हमारे शरीर की रचना मुख्यतया कार्बन, हाइड्रोजन, आक्सीजन, नाइट्रोजन, फास्फोरस कैल्शियम, लौहा, आदि मूलतत्वों से होती है। हम मूलतत्वों का विभेदन उनकी आधारभूत इकाईयों जिन्हें परमाणु²¹ कहते हैं, के आधार पर करते हैं। लगभग एक शताब्दी पहले जब परमाणु की कल्पना की गयी थी तब यह माना गया था की परमाणु अभेद²² होते हैं। लेकिन बीसवीं सदी के उत्तरार्ध में वैज्ञानिकों ने प्रयोगों से पता लगाया कि परमाणु अभेद न होकर तीन आधारभूत मूलकणों²³ जिनका नाम इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, और न्यूट्रॉन है, से मिलकर बने होते हैं (चित्र ५ को देखिये)। एक मूलतत्व के परमाणु दूसरे मूलतत्व के परमाणु से मुख्यतया प्रोटॉनों की संख्या के आधार पर अलग होते हैं। उदाहरण के लिये अगर किसी परमाणु के पास सिर्फ एक ही प्रोटॉन है तो उसे हाइड्रोजन के परमाणु के रूप में जाना जाता है और अगर छह प्रोटॉन हैं तो कार्बन के परमाणु के रूप में। यहां पर यह देखा जा सकते हैं कि किसी भी परमाणु में प्रोटॉनों को जोड़कर या घटाकर उसे किसी नये परमाणु में बदला जा सकता है। लेकिन यह एक अत्यंत ही मुश्किल प्रक्रिया होती है जो कि या तो तारों के गर्भ में संभव है और या तो ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के प्रारम्भिक क्षणों में संभव थी। आधुनिक वैज्ञानिक इस प्रक्रिया का उपयोग परमाणु विस्फोटों में या नाभिकीय बिजली संयंत्रों में बिजली पैदा करने के लिये करते हैं। जब उपरोक्त प्रक्रिया से एक पदार्थ दूसरे पदार्थ में बदलता है तो अपार ऊर्जा की प्राप्ति होती है। जिसका एक ज्वलंत उदाहरण हमारा सूर्य है जो हाइड्रोजन के परमाणुओं को हीलियम नामक तत्व के परमाणुओं में बदलकर अरबों सालों से ऊर्जा के स्रोत का काम कर रहा है।

अभी तक हमने ब्रह्माण्ड के कुछ तथ्यों का संक्षिप्त में जिक्र किया है अब हम उनके बारे में विस्तार से चर्चा करेंगे।

(क) हबल विस्तार और ब्रह्माण्ड के महाविस्फोट का सिद्धान्त

जैसा कि पहले भी बताया जा चुका है कि ब्रह्माण्ड का विस्तार हो रहा है और इसका पता हमें इस बात से

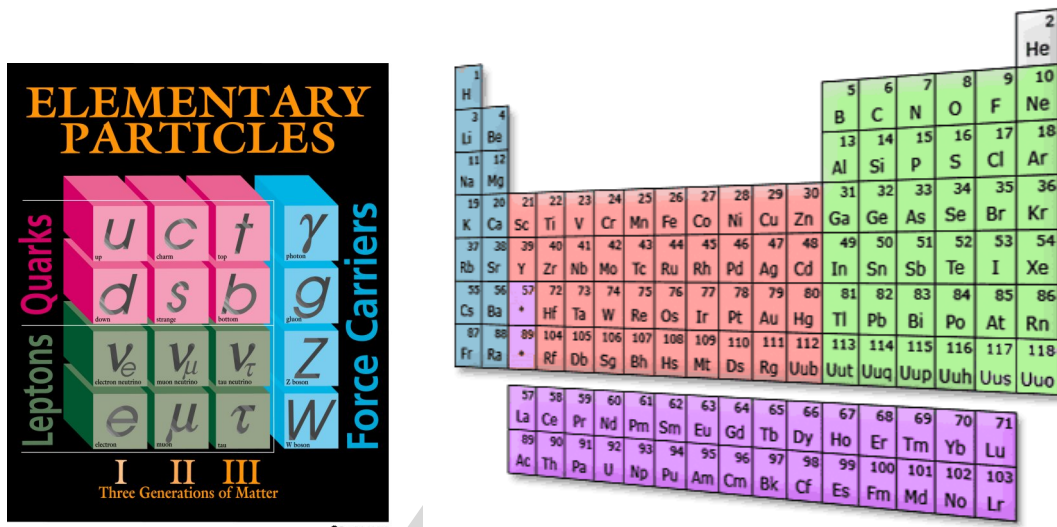


Figure 5: ब्रह्माण्ड में घटित होने वाली समस्त भौतिक प्रक्रियाओं को चार मूल बलों (गुरुत्व बल, बिद्युत-चुम्बकीय बल, क्षीण बल और तीव्र बल) और मूलकणों के दो प्रकारों से समझाया जा सकता है। पहले प्रकार के मूलकण जो बायीं तरफ के चित्र में लाल और हरे रंग से दिखाये गये हैं पदार्थ की संरचना में योगदान करते हैं तथा दूसरे प्रकार के मूल कण जो नीले रंग से दिखाये गये हैं मूल बलों के संचरण के लिये उत्तरदायी हैं। पदार्थ की संरचना करने वाले मूल कण दो प्रकार के होते हैं जिन्हें हम क्वार्क (लाल रंग वाले मूलकण) और लेप्टान (हरे रंग वाले कण) कहते हैं। ब्रह्माण्ड का समस्त पदार्थ प्रथम पीढ़ी के मूलकणों (अप और डाउन क्वार्क, इलेक्ट्रॉन और इलेक्ट्रॉन न्यूट्रिनो) से मिलकर बना होता है। पदार्थ की संरचना मुख्यतया प्रोटॉन और न्यूट्रॉन से होती है तथा जो कि अप और डाउन क्वार्कों से मिलकर बनते हैं। बलों के संचरण के लिये जो मूलकण उत्तरदायी होते हैं उन्हें संचारी कण कहते हैं। मूलभूत बलों की तीव्रता और प्रभाव क्षेत्र की सीमा संचारी कणों के द्रव्यमान पर निर्भर करता है। बिद्युत-चुम्बकीय और गुरुत्व बल के संचारी कण शून्य द्रव्यमान को होने के कारण इन बलों के प्रभाव क्षेत्र की सीमा अनन्त तक होती है। दायीं तरफ के चित्र में उन सब मूल-तत्वों को वर्गीकृत रूप से दिखाया गया है जो अभी तक ज्ञात हैं।

चलता है कि अधिकांश आकाशगंगाएँ हमसे दूर जा रही हैं। भौतिक विज्ञान के सिद्धांत हमें बताते हैं कि जब भी कोई वस्तु हमसे दूर जाती है तो हमें उससे आनेवाली तरंगों की आवृत्ति²⁴ घटी हुई प्रतीत होती है। क्योंकि प्रकाश भी तरंगों के रूप में (बिद्युत-चुम्बकीय तरंगें) गमन करता है इसलिये हमसे दूर जा रही आकाशगंगाओं से आने वाले प्रकाश की आवृत्ति घटी हुई या तरंगदैर्घ्य²⁵ बढ़ी हुई प्रतीत होती है। तरंगदैर्घ्य में फर्क दूर जानेवाली वस्तु की गति पर निर्भर करता है जिसे सामान्यतया रेडसिफ्ट कहा जाता है। जो आकाशगंगाएँ ज्यादा तेजी से दूर जा रही होती हैं उनका रेडसिफ्ट भी अधिक होता है। हबबल ने बताया कि आकाशगंगाओं के दूर जाने की गति उनकी हमसे दूरी के अनुक्रमानुपाती होती है। सीधे शब्दों में कहें तो जो आकाशगंगाएँ हमसे ज्यादा दूर हैं वो ज्यादा तेजी से दूर जा रही हैं। आकाशगंगाओं की गति और उनसे हमारी दूरी के अनुपात को एक नियतांक के रूप में व्यक्त किया जाता है जिसे हबबल नियतांक कहते हैं और इसकी इकाई किलोमीटर प्रति सेकण्ड प्रति मेगा पारसेक होती है। ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति को हबबल नियतांक से प्रदर्शित किया जाता है। उदाहरण के लिये यदि हबबल नियतांक का मान 100 किलोमीटर प्रति सेकण्ड प्रति मेगा पारसेक है तो इसका मतलब यह हुआ कि यदि कोई आकाशगंगा हमसे एक मेगा पारसेक दूर है तो वो हमसे 100 किलोमीटर प्रति सेकण्ड की गति से दूर जा रही है। हम आगे जिक्र करेंगे कि किस प्रकार ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति जिसे हबबल नियतांक से प्रदर्शित किया जाता है, ब्रह्माण्ड में

मौजूद ऊर्जाओं की प्रकृति पर निर्भर करता है ।

ब्रह्माण्ड के विस्तार के कारण आकाशगंगाओं की एक दूसरे से दूरी समय के साथ बढ़ती जा रही है और इससे हम आसानी से अनुमान लगा सकते हैं कि बहुत समय पहले सारी आकाशगंगाएँ के दूसरे के पास रही होंगी । यहां पर इस बात का जिक्र करना आवश्यक है कि ब्रह्माण्ड एक प्रकार के तापीय विकीरण से भरा हुआ है जिसको कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउण्ड रेडियेशन या सीएमबीआर कहते हैं । किसी भी तापीय विकीरण की विशेषता होती है कि उसके सारे गुण-धर्म उसके तापमान से निरूपित किये जा सकते हैं । वर्तमान में सीएमबीआर का तापमान 2.73 डिग्री केल्विन है । ब्रह्माण्ड के विस्तार के साथ-साथ सीएमबीआर का तापमान घटता जाता है । लगभग 14 बिलियन साल पहले ब्रह्माण्ड का सारा पदार्थ एक बिंदु के रूप में संघटित था तथा सीएमबीआर का तापमान अनन्त था । ऐसी अवस्था को बिग बैंग और इस सिद्धान्त जिसमें ब्रह्माण्ड के उत्पत्ति एक निश्चित समय पर एक बिंदु से हुई को महाविस्फोट का सिद्धान्त या बिग बैंग थ्योरी कहते हैं । बिग बैंग थ्योरी के मुख्य तत्व निम्नलिखित हैं ।

- १। ब्रह्माण्ड का विस्तार हो रहा है ।
- २। ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति एक निश्चित समय पहले एक बिंदु के रूप में हुई थी ।
- ३। ब्रह्माण्ड एक सर्वव्यापी तापीय विकीरण से भरा हुआ है जिसको सीएमबीआर कहते हैं और इसकी उत्पत्ति ब्रह्माण्ड की उस अवस्था में हुई थी जब ब्रह्माण्ड काफी छोटा, संघटित और गरम था ।
- ४। अति तापमान के कारण ब्रह्माण्ड के प्रारम्भिक क्षणों में ब्रह्माण्ड में मौजूद सारे पदार्थ मूलभूत कणों के रूप में थे और जो भी तत्व आज हम देखते हैं उनमें से कोई भी तत्व मौजूद नहीं था ।
- ५। प्रसार के कारण ब्रह्माण्ड में मौजूद अलग-अलग प्रकार की ऊर्जाओं का घनत्व, प्रसार में उनका महत्व और तापमान बदलता है परिणामस्वरूप बहुत सी भौतिकीय प्रक्रियाएँ जो अतीत में सम्भव थी आज सम्भव नहीं हैं ।
- ६। ब्रह्माण्ड का प्रसार समय को एक निश्चित दिशा प्रदान करता है ।
- ७। ब्रह्माण्ड में मुख्यतया तीन प्रकार की ऊर्जाएँ पायी जाती हैं । जिनमें से पहली प्रकार की ऊर्जा उस पदार्थ के कारण होती है जो सामान्य गतिशील होता है । दूसरी प्रकार की ऊर्जा अति-गतिशील पदार्थ के कारण होती है । तीसरी किस्म की ऊर्जा उस तत्व के कारण होती है जिसे हम अदृश्य ऊर्जा या निर्वात ऊर्जा के नाम से जानते हैं ।
- ८। आईस्टाइन के सापेक्षता के व्यापक सिद्धान्त के अनुसार सभी प्रकार की ऊर्जाएँ गुरुत्व प्रभाव उत्पन्न करती हैं और उत्पन्न होने वाले गुरुत्व प्रभाव की प्रकृति ऊर्जाओं की प्रकृति पर निर्भर करती है । सामान्य और अतिगतिशील पदार्थ से उत्पन्न होने वाला गुरुत्व बल आकर्षण प्रकार का होता है तथा अदृश्य ऊर्जा से उत्पन्न गुरुत्व बल प्रतिकर्षण प्रकार का होता है ।
- ९। ब्रह्माण्ड के विस्तार के साथ अलग-अलग प्रकार की ऊर्जाओं का घनत्व अलग-अलग प्रकार से बदलता है । अति-गतिशील पदार्थों से संबंधित ऊर्जा समय के साथ-साथ सामान्य पदार्थों से संबंधित ऊर्जा से ज्यादा तेजी तेजी से घटती है । अदृश्य ऊर्जा का घनत्व हमेशा बराबर रहता है ।
- १०। ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति और प्रकार इस बात पर निर्भर करता है कि उपर बतायी गयी ऊर्जाओं में से कौन सी ऊर्जा सबसे आधिक है ।

(ख) ब्रह्माण्ड का संक्षिप्त इतिहास

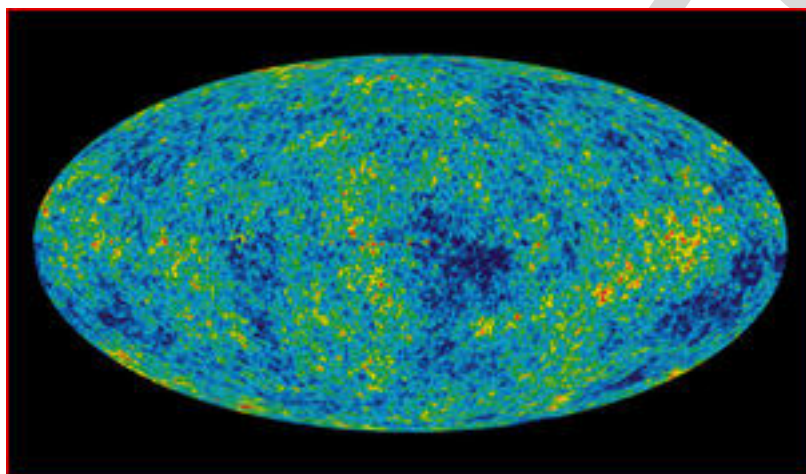


Figure 6: ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के कुछ लाख साल तक ब्रह्माण्ड का तापमान काफी अधिक था तथा प्रकाश के कण जिन्हें हम फोटॉन के नाम से जानते हैं पदार्थ से मुक्त हो गये और आज कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउण्ड रेडिएशन के रूप में मौजूद हैं। मुक्त हुए फोटॉनों का तापमान उस क्षेत्र के घनत्व पर निर्भर करता है जहाँ से फोटॉन मुक्त होते हैं। मुक्त होने के समय सभी क्षेत्रों का घनत्व एकसमान न होने के कारण आज हम जो कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउण्ड रेडिएशन देखते हैं उसका तापमान अलग-अलग दिशाओं के लिये अलग-अलग है। इसा छायाचित्र में (सौ० डब्लू मैप) कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउण्ड रेडिएशन का अलग-अलग दिशाओं के लिये तापमान दिखाया गया है। छायाचित्र में लाल और नीले क्षेत्र क्रमशः गरम और ठंडे क्षेत्रों को प्रदर्शित करते हैं। इस प्रकार के चित्र का अध्ययन करके हम ब्रह्माण्ड के अतीत के बारे में बहुत कुछ जान सकते हैं। यह छायाचित्र उन आंकड़ों से तैय्यार किया गया है जो उस अमेरिकी दूरबीन से लिये गये हैं जिसका नाम विल्किन्सन माइक्रोवेव ऐनाइसोट्रोपी प्रोब है तथा जो अंतरिक्ष में लाखों किलोमीटर दूर रखी गयी है।

ब्रह्माण्ड के प्रसार की वर्तमान गति और मौजूद ऊर्जाओं की मात्रा से हम गणना कर सकते हैं कि ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति लगभग 1370 करोड़ साल पहले हुई थी। उत्पत्ति के समय ब्रह्माण्ड का आकार बहुत छोटा था तथा इसका तापमान इतना अधिक था कि ब्रह्माण्ड में मौजूद मूलतत्व मूलभूत कणों के सूप या प्लाज्मा के रूप में थे। मूलभूत कण जिनमें से प्रमुख इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, न्यूट्रॉन, न्यूट्रिनो और फोटॉन एक दूसरे के साथ तेजी से अभिक्रिया कर रहे थे। जब तक ब्रह्माण्ड का तापमान बहुत ज्यादा था अभिक्रियाओं से उत्पन्न मूल तत्व तुरंत बिघटित हो जाते थे। ब्रह्माण्ड के उत्पन्न होने के पहले तीन मिनट के अन्त तक ब्रह्माण्ड का तापमान इतना कम हो गया था कि हल्के मूल तत्व जैसे कि हाइड्रोजन, हीलियम और लीथियम का बिघटन रुक गया था (चित्र ७ को देखिये)। भारी मूलभूत तत्व जैसे कार्बन, आक्सीजन, लोहा इत्यादि जो भी हम अपने चारों ओर देखते हैं उनकी संरचना बहुत बाद में तारों के गर्भ में हुई थी और अभी भी चल रही है। जब भी नाभिकीय प्रक्रियाओं के फलस्वरूप हल्के तत्वों से भारी तत्वों की संरचना होती है अपार ऊर्जा उत्पन्न होती है। सूर्य के अन्दर ऊर्जा उत्पत्ति का मुख्य स्रोत हाइड्रोजन तत्व का हीलियम तत्व में बदलना है। ब्रह्माण्ड के इतिहास की एक संक्षिप्त झलक के लिये सारणी १ देखिये।

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के कुछ लाख साल तक फोटॉनों, जो कि प्रकाश के कण होते हैं, की ऊर्जा इतनी अधिक थी कि जैसे ही कोई परमाणु बनता था वो तुरन्त बिघटित हो जाता था। इस दौरान फोटॉन बाकी समान्य पदार्थ से मजबूती से बंधे थे और बहुत दूर तक नहीं पहुँच सकते थे। जब ब्रह्माण्ड कुछ ठंडा हो गया तो

समय	घटना	तापमान
0 - 10^{-43} से०	लॉक युग	10^{33} केल्विन
$10^{-43} - 10^{-35}$ से०	प्रोटॉनों की संरचना	10^{28} केल्विन
$10^{-35} - 10^{-32}$ से०	अतिविस्तार, आकार 10^{-25} से 10^{25} मी०	
1 से०	प्रथम परमाणु की संरचना	10^{10} केल्विन
100 से०	हल्के तत्वों की संरचना	10^9 केल्विन
3,000 वर्ष	विकीरण युग का अंत और पदार्थ युग की शुरुआत	10^5 केल्विन
3,80,000 वर्ष	सीएम्बीआर की उत्पत्ति	10^3 केल्विन
10 करोड़ वर्ष	पहले तारे की संरचना	10^9 केल्विन
50 करोड़ वर्ष	पहली आकाशगंगा की संरचना	
400 करोड़ वर्ष	अधिकांश तारों का निर्माण	
800 करोड़ वर्ष	ब्रह्माण्ड का त्वरित विस्तार शुरू	
900 करोड़ वर्ष	सौरमंडल का निर्माण	
1370 करोड़ वर्ष	आज	3.27 केल्विन
10,000 करोड़ वर्ष	ब्रह्माण्ड का अंत	

Table 1: ब्रह्माण्ड का संक्षिप्त इतिहास

सामान्य पदार्थ के परमाणुओं (हाइड्रोजन) का विघटन रुक गया और फोटॉन मुक्त हो गये जिन्हें आज हम सीएम्बीआर के रूप में जानते हैं (चित्र ६ को देखिये)।

तत्वों की संरचना ब्रह्माण्ड के इतिहास में एक प्रमुख स्थान रखती है। दूसरी महत्वपूर्ण घटना आकाशगंगाओं की उत्पत्ति थी। यों तो ब्रह्माण्ड के प्रारम्भिक भाग में मौजूद पदार्थ का वितरण एकसमान था फिर भी कुछ स्थानों पर बाकी जगह से ज्यादा पदार्थ था या कुछ क्षेत्र अतिसंघनित थे जिनका कारण ब्रह्माण्ड के उस प्रारम्भिक अति-विस्तार को माना जाता है जिसकी चर्चा हम आगे करेंगे। यहां पर इस बात का जिक्र करना अत्यंत आवश्यक है कि ब्रह्माण्ड में उपस्थित अधिकांश पदार्थ उस पदार्थ के रूप में जो है जो न तो किसी प्रकार के प्रकाश को उत्पन्न करता है और न ही अवशोषित करता है। ऐसे पदार्थ को हम अदृश्य पदार्थ कहते हैं जिसकी उपस्थिति का पता हमें उसके अन्य पदार्थों पर लगने वाले गुरुत्व प्रभाव से चलता है।

गुरुत्वाकर्षण बल के कारण वो क्षेत्र जो अति-संघनित थे, अपने आस के पदार्थों को आकर्षित करने लगे और ब्रह्माण्ड में उपस्थित संरचनाओं का जो आगे चलकर आकाशगंगाएँ बनी का विकास होने लगा। समय के साथ-साथ पदार्थ संघनित होता गया और ग्रह-नक्षत्र और अन्य प्रकार के खगोलीय पिंड आकार लेने लगे (चित्र ८ देखिये)।

(ग) ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति और अंत

अभी तक हमें जो भी जानकारी प्राप्त हुई है उसके अनुसार ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति लगभग 1370 करोड़ साल पहले हुई थी। यह निष्कर्ष हमारी कई अवधारणाओं पर निर्भर करता है जैसे कि ब्रह्माण्ड में कोई भी दिशा या स्थान विशेष नहीं है, भौतिक विज्ञान के नियम पूरे ब्रह्माण्ड में एक जैसे हैं, आईंस्टाइन का सापेक्षता का व्यापक सिद्धान्त गुरुत्व बल का सही सिद्धान्त है। प्रेक्षण जो बिग बैंग थ्योरी को पुष्ट करते हैं उनमें प्रमुख हबल विस्तार, सीएम्बीआर की उपस्थिति और अपेक्षित मात्रा में हल्के तत्व जैसे हाइड्रोजन और हीलियम की उपस्थिति है।

पिछले सौ सालों के अनुभव से वैज्ञानिकों को पता चला है कि ब्रह्माण्ड में घटित होने वाली समस्त प्रक्रियाओं की व्याख्या दो अलग-अलग प्रकार के सिद्धांतों से की जाती है। जिनमें से प्रथम को क्लासिकल और द्वितीय

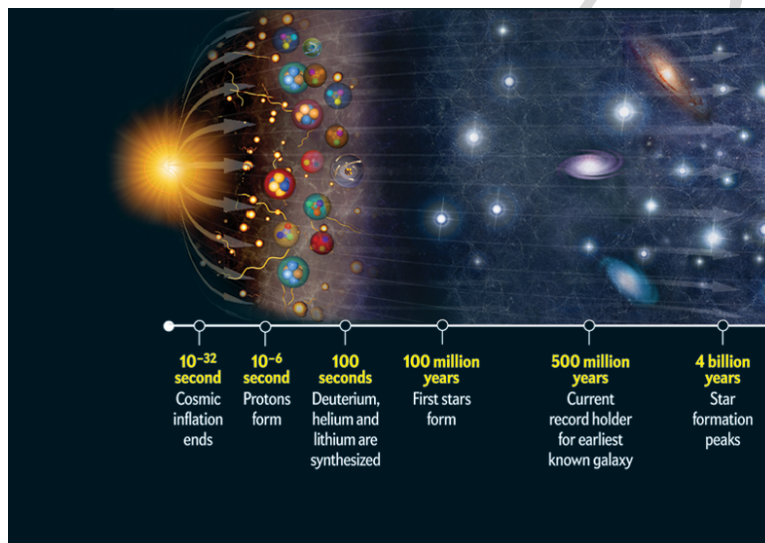


Figure 7: इस छायाचित्र (सौ० साइंटिफिक अमेरिकन) में ब्रह्माण्ड के प्रारम्भिक इतिहास को संक्षिप्त रूप से दिखाया गया है। ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के प्रथम भाग में ब्रह्माण्ड के अति-त्वरित विस्तार के परिणामस्वरूप ब्रह्माण्ड का आकार जो कि एक परमाणु से भी छोटा था लगभग लगभग एक मीटर हो गया। शुरू में अत्यधिक तापमान होने के कारण जैसे ही कोई प्रोटॉन बनता था, उसका विघटन हो जाता था। एक माइक्रोसेकेण्ड के बाद प्रोटॉनों का विघटन रुक गया। ब्रह्माण्ड की उम्र 100 सेकेण्ड होने तक हल्के पदार्थ जैसे ड्यूटीरियम, लीथियम और हीलीयम की संरचना हो गयी थी। तारों की पहली पीढ़ी बनने के लिये ब्रह्माण्ड को 10 करोड़ साल तक प्रतीक्षा करनी पड़ी। अभी तक सबसे पुरानी जो आकाशगंगा हमें ज्ञात है उसकी उम्र 50 करोड़ साल है। यहां पर इस बात का उल्लेख करना आवश्यक है की ब्रह्माण्ड की उम्र के लगभग एक लाख साल होने तक प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन मुक्त अवस्था में थे जिसके कारण वो प्रकाश के कणों (फोटॉन) के साथ लगातार टकरा रहे थे और प्रकाश बहुत दूर तक नहीं पहुंच सकता था। जब तापमान कुछ कम हो गया तो प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन मिलकर परमाणु बनाने लगे और प्रकाश के कण मुक्त हो गये जिन्हें आज हम कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउण्ड रेडियेशन के रूप में जानते हैं। ब्रह्माण्ड की वर्तमान उम्र लगभग 1400 करोड़ साल है।

को क्वांटम कहा जाता है। सामान्यतया जो भी प्रक्रियायें कम ऊर्जा और बड़े स्तर पर होती हैं, जैसे की पेड़ से फल का गिरना या पृथ्वी का सूर्य के चक्कर लगाना, उनमें हम क्लासिकल सिद्धांतों का उपयोग करते हैं। बहुत अधिक ऊर्जा और कम दूरी पर हमें क्वांटम सिद्धांतों की आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिये परमाणुओं द्वारा प्रकाश की उत्पत्ति को समझाने के लिये हमें क्वांटम सिद्धांत उपयोग करने पड़ते हैं।

चार मूलभूत बल, जिनमें से गुरुत्व बल एक है, ब्रह्माण्ड में घटित होने वाली समस्त प्रक्रियाओं के लिये उत्तरदायी हैं। अन्य तीन मूलभूत बलों को विद्युत-चुम्बकीय बल²⁶, क्षीण बल²⁷, और सशक्त बल²⁸ कहते हैं। विद्युत-चुम्बकीय बल उन सब उन सब प्रक्रियाओं में भाग लेता है जो परमाणुओं के मध्य घटती हैं और जिनके परिणामस्वरूप रासायनिक क्रियायें सम्पन्न होती हैं। क्षीण और सशक्त बल परमाणु के नाभिक के अन्दर होने वाली प्रक्रियाओं के लिये उत्तरदायी होते हैं। गुरुत्व बल को छोड़कर अन्य बलों के जो सिद्धान्त हम जानते हैं उनकी प्रकृति क्वांटम है और गुरुत्व बल का सिद्धांत (आईंस्टाईन का सापेक्षता का व्यापक सिद्धांत) क्लासिकल है। वैज्ञानिक मानते हैं कि मूल रूप से सारे बलों की प्रकृति क्वांटम होनी चाहिये। जैसे कि जिक्र किया जा चुका है कि प्रारम्भ में ब्रह्माण्ड का तापमान अत्यधिक था और सारे पदार्थ मूल कणों के रूप में थे और ऐसी परिस्थिति में क्वांटम सिद्धान्त लागू होते हैं। गुरुत्व बल कोई क्वांटम सिद्धान्त उपलब्ध न होने से हम ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के प्रारम्भिक क्षणों के बारे में सही अनुमान नहीं लगा सकते हैं। मूलभूत बलों की तीव्रता ऊर्जा पर निर्भर करती है। ब्रह्माण्ड के प्रारम्भिक क्षणों में सभी बलों की तीव्रता एकसमान

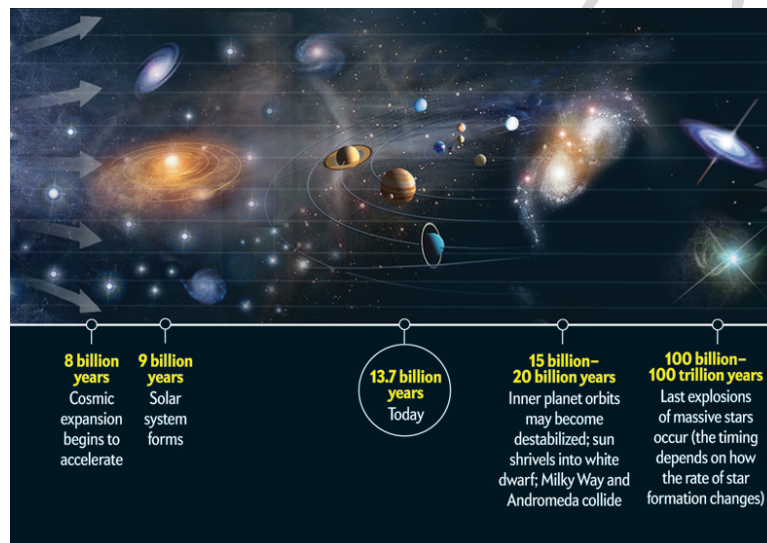


Figure 8: प्रस्तुत छायाचित्र (सौ० साइंटिफिक अमेरिकन) में ब्रह्माण्ड के इतिहास एक झलक दिखायी गयी है। लगभग 800 करोड़ साल बाद ब्रह्माण्ड में अदृश्य ऊर्जा का घनत्व सबसे अधिक होने के कारण ब्रह्माण्ड का विस्तार अति-त्वरित गति से होने लगा जो कि अभी तक चल रहा है। हमारे सौरमंडल का जन्म लगभग 900 करोड़ साल बाद हुआ। लगभग 1500 करोड़ साल बाद सूर्य का अन्त होने के साथ-साथ हमारे सौरमंडल का स्थायित्व भी भंग हो जायेगा और हमारी आकाशगंगा का ऐंड्रोमीडा नामक आकाशगंगा में विलय हो जायेगा।

थी या यह भी कह सकते हैं कि चारों बल एक ही स्वरूप में थे तो ज्यादा उचित होगा। अभी तक हम अलग-अलग प्रकार के बलों की व्याख्या अलग-अलग सिद्धांतों से करते हैं। ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति को जानने के लिये हमें एक ऐसे सिद्धांत की जरूरत है जो सभी बलों की व्याख्या एक साथ कर दे।

यों तो हम निश्चित रूप से नहीं बता सकते हैं कि ब्रह्माण्ड का अंत कैसे होगा फिर भी उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर हम कह सकते हैं कि अदृश्य ऊर्जा के प्रभाव के कारण ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति और तीव्र हो जायेगी। कुछ समय बाद ब्रह्माण्ड का विस्तार इतना अधिक हो जायेगा कि हमें अपनी आकाशगंगा के अलावा और कोई अन्य आकाशगंगा नजर नहीं आयेगी। ब्रह्माण्ड के भविष्य का एक संक्षिप्त चित्रण चित्र ९ में किया गया है।

अदृश्य पदार्थ और अदृश्य ऊर्जा की प्रकृति को समझना आधुनिक ब्रह्माण्ड विज्ञान की सबसे बड़ी चुनौतियां हैं इसलिये लेख को समाप्त करने से पहले मैं उनके बारे में कुछ अधिक विस्तार से बताना चाहता हूँ।

(घ) अदृश्य पदार्थ²⁹ और अदृश्य ऊर्जा³⁰

ब्रह्माण्ड की कुल ऊर्जा का सिर्फ 4 प्रतिशत भाग ही उस पदार्थ के कारण है जिससे ग्रह, नक्षत्र और आकाशगंगाएँ बनी हुई हैं और जो इलेक्ट्रान, प्रोटान और न्यूट्रान से मिलकर बनता है। बाकी 22 प्रतिशत ऊर्जा अदृश्य पदार्थ के कारण और 74 प्रतिशत अदृश्य ऊर्जा के रूप में है (चित्र १० देखिये)। क्योंकि अदृश्य पदार्थ न तो प्रकाश को उत्पन्न कर सकता है और न ही इससे प्रभावित होता है इसलिये हम अदृश्य पदार्थ को प्रत्यक्ष रूप से नहीं देख सकते हैं। अदृश्य पदार्थ की उपस्थिति का पता हमें इसके सामान्य पदार्थ पर पड़ने वाले गुरुत्व प्रभाव से चलता है। न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम हमें बताता है कि जब भी कोई पिण्ड दूसरे पिण्ड के चारों ओर चक्कर लगाता है (जैसे कि पृथ्वी सूर्य के चारों ओर चक्कर लगा रही है) तो चक्कर लगाने वाले पिण्ड का कक्षीय वेग उस पिण्ड के द्रव्यमान जिसका चक्कर लगाया जा रहा है और पिण्डों के बीच की दूरी पर निर्भर करता है। जैसे-जैसे चक्कर लगाने वाला पिण्ड दूर जाता है उसका वेग भी कम होता जाता है। प्रेक्षणों से पता चला है कि तारे जो आकाशगंगा के केन्द्र के चारों ओर चक्कर लगा रहे हैं उनका वेग केन्द्र से दूरी के साथ-साथ घटने के बजाय बढ़ता जाता है जिसकी व्याख्या करने के लिये

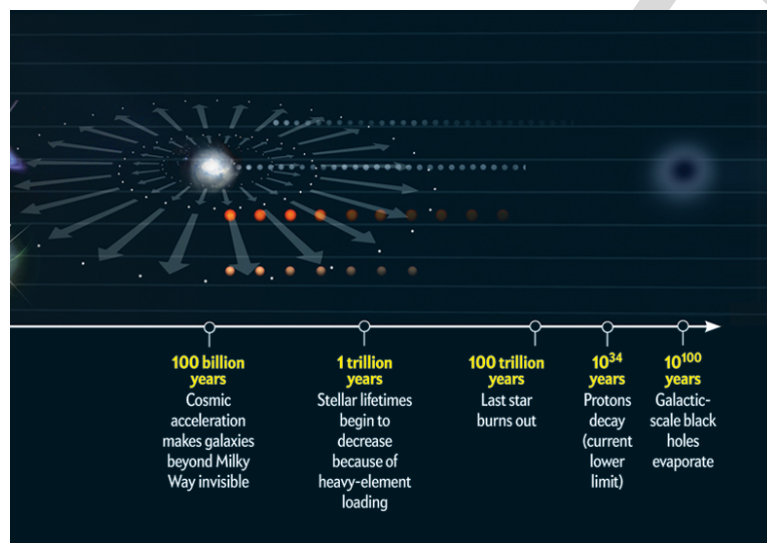


Figure 9: प्रस्तुत छायाचित्र (सौ० साईंटिफिक अमेरिकन) में ब्रह्माण्ड के भविष्य की एक झलक दिखायी गयी है । ब्रह्माण्ड के अत्यधिक विस्तार के कारण 10,000 करोड़ साल बाद आकाशगंगाओं के बीच की दूरी इतनी बढ़ जयेगी कि हमें अपनी आकाशगंगा के अलावा और कोई भी आकाशगंगा दिखायी नहीं देगी । एक लाख करोड़ बाद भारी तत्वों की अधिकता के कारण तारों की उम्र बहुत कम हो जायेगी । एक करोड़ करोड़ साल बाद सारे तारे समाप्त हो जायेंगे और अंत में प्रोट्रानों के क्षय के साथ ही ब्रह्माण्ड का भी अंत हो जायेगा ।

अदृश्य पदार्थ की कल्पना करनी पड़ी जो आकाशगंगाओं के बाहरी भागों में प्रचुरता से मौजूद है । अदृश्य पदार्थ के अस्तित्व की पुष्टि बहुत सारे दूसरे प्रेक्षणों से भी होती है । अदृश्य पदार्थ की प्रकृति अभी भी एक अबूझ पहेली है । बहुत सारे वैज्ञानिक यह भी मानते हैं कि यदि हम यह माने कि गुरुत्वाकर्षण बल के नियम में बदलाव संभव है तो हमें अदृश्य पदार्थ के अस्तित्व की कल्पना करने की कोई आवश्यकता नहीं है ।

सामान्यतया यह माना जाता है कि गुरुत्व बल की प्रकृति आकर्षित करने वाली होती है । उदाहरण के लिये यदि हम किसी वस्तु को ऊपर फेंके तो वह पृथ्वी के आकर्षण के कारण नीचे आ जाती है । ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के तुरंत बाद होने वाले अति-त्वरित विस्तार³¹ और ब्रह्माण्ड के वर्तमान अति-त्वरित विस्तार की व्याख्या करने के लिये एक ऐसी ऊर्जा कि कल्पना करनी पड़ी जो आकर्षण के बजाय प्रतिकर्षण प्रकृति वाला गुरुत्व बल उत्पन्न करती है ।

जैसे पहले भी जिक्र किया गया है कि ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति उस प्रकार की ऊर्जा के घनत्व पर निर्भर करती है जिसका घनत्व सबसे अधिक होता है । ब्रह्माण्ड में मौजूद तीन अलग-अलग प्रकार की ऊर्जाओं (सामान्य गतिशील पदार्थ के कारण, अति-गतिशील पदार्थ के कारण और अदृश्य ऊर्जा के कारण) का घनत्व ब्रह्माण्ड के प्रसार के सात-साथ अलग-अलग प्रकार से बदलने के कारण अलग-अलग समय पर अलग-अलग प्रकार की ऊर्जा का घनत्व सबसे अधिक रहता है । उदाहरण के लिये वर्तमान में अदृश्य ऊर्जा का घनत्व सबसे अधिक होने के कारण ब्रह्माण्ड का विस्तार त्वरित गति से हो रहा है जिसकी पुष्टि बहुत सारे प्रेक्षणों से होती है जिनमें से 1998 में सुपरनोवा विस्फोट के दो प्रेक्षण महत्वपूर्ण हैं जिनके लिये प्रेक्षण करने वाली टीम को 2011 का भौतिकी का नोबेल पुरस्कार दिया गया ।

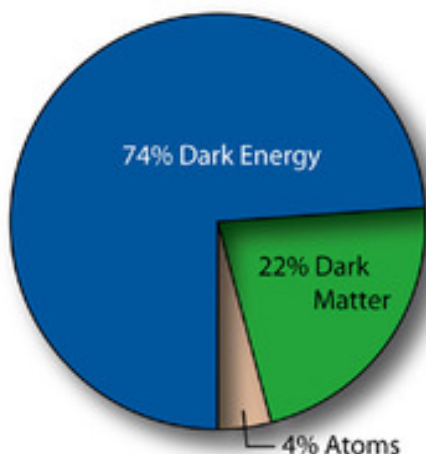


Figure 10: ब्रह्माण्ड की सिर्फ 4 प्रतिशत ऊर्जा ही उस पदार्थ में निहित है जिससे ग्रह, नक्षत्र और आकाशगंगाएँ बनी हैं तथा जो मूलरूप से परमाणुओं से मिलकर बनता है। अदृश्य पदार्थ जो न तो प्रकाश को उत्पन्न करता है और न ही प्रकाश से प्रभावित होता है ब्रह्माण्ड की 22 प्रतिशत ऊर्जा के लिये उत्तरदायी है। अदृश्य पदार्थ की उपस्थिति का पता हमें उसके सामान्य पदार्थ पर लगने वाले गुरुत्वीय प्रभाव से चलता है। ब्रह्माण्ड की 74 प्रतिशत ऊर्जा अदृश्य ऊर्जा में व्याप्त है जो ब्रह्माण्ड के त्वरित विस्तार के लिये उत्तरदायी है। अभी तक हमें अदृश्य पदार्थ अदृश्य ऊर्जा की प्रकृति के बारे में सही जानकारी प्राप्त नहीं है।

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति, विकास और प्रकृति को समझना मानव की सबसे बड़ी महत्वाकांक्षाओं में से एक है। ब्रह्माण्ड के बारे में हमारे सभी निष्कर्ष कई अवधारणाओं पर आधारित हैं जैसे कि भौतिक विज्ञान के नियम, जिन्हें गणितीय समीकरणों से प्रदर्शित किया जाता है, सार्वभौमिक रूप से सत्य हैं। इस अवधारणा से हम प्रयोगशाला में सत्यापित किये हुये नियमों को ब्रह्माण्ड के सुदूर भागों में होने वाली भौतिक प्रक्रियाओं के लिये भी उपयोग में ला सकते हैं।

हमें अनुभव से पता चला है कि भौतिक विज्ञान के नियमों की अपनी सीमाएँ होती हैं। उदाहरण के लिये परमाणुओं के अन्दर इलेक्ट्रॉनों की गति के लिये जो नियम लागू होते हैं वो उन गति के नियमों से बिल्कुल अलग हैं जिन्हें हम दैनिक जीवन की वस्तुओं के लिये उपयोग में लाते हैं। अभी तक हम उन निश्चित नियमों तक नहीं पहुँचे हैं जो हमें ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति को समझने में मदद करें।

हम यह मानकर चलते हैं कि ब्रह्माण्ड में हमारा कोई विशिष्ट स्थान नहीं है बावजूद इसके कि अभी तक हमें ब्रह्माण्ड में कोई इतनी अनुकूल जगह नहीं मिली जितनी हमारी पृथ्वी है। ब्रह्माण्ड के स्वरूप को निर्धारित करने में भौतिक विज्ञान के नियम, देश-काल की विमाएँ और मूल भौतिक राशियों जैसे मूल-कणों के द्रव्यमान, विभिन्न प्रकार की ऊर्जाओं का घनत्व इत्यादि महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। अभी तक हम यह नहीं समझ पाये हैं कि इनका मान कैसे निर्धारित होता है। बहुत से भौतिक नियमों का मान यदि उनके वर्तमान मान से थोड़ा भी अलग होता तो पृथ्वी पर जीवन संभव ही नहीं होता।

ब्रह्माण्ड को समझने के लिये जितना जरूरी यह जानना है कि आकाशगंगाएँ और उनके समूह किस प्रकार की गति कर रहे हैं उतना ही जरूरी यह जानना भी है कि अति-सूक्ष्म स्तर पर देश-काल और पदार्थ की मूल प्रकृति कैसी है। कुछ वैज्ञानिक ऐसे भी मानते हैं कि अति-सूक्ष्म स्तर पर सारे मूल कण कुछ तंतुओं से मिलकर बने होते हैं। इस सिद्धांत को तंतु-सिद्धांत³² कहते हैं। यों तो तंतु सिद्धांत का उपयोग करके बहुत सारी जटिल पहेलियों को सुलझाया जा सकता है लेकिन इसके लिये हमें यह मानने की जरूरत होती है कि ब्रह्माण्ड में तीन से अधिक क्षेत्रीय विमाएँ हैं जो अति-सूक्ष्म होने के कारण दिखायी नहीं देती हैं।

यहां पर इस बात का उल्लेख करना आवश्यक है कि ब्रह्माण्ड का इतिहास पृथ्वी पर जीवन के इतिहास के साथ जुड़ा हुआ है। जीवन की उत्पत्ति के लिये विशिष्ट भौतिक परिस्थितियों और रासायनिक तत्वों की आवश्यकता होती है। जैसे कि पहले भी जिक्र किया जा चुका है कि भारी मूल तत्वों जैसे कि कार्बन, पोटेशियम, लोहा इत्यादि की संरचना तारों के बनने के साथ शुरू हुई। उचित रासायनिक तत्वों के साथ-साथ, सौरमंडल का निर्माण और अनुकूल भौतिक परिस्थितियां भी जीवन के अविर्भाव के लिये आवश्यक थी। पिछले कुछ दशकों की खोजों से पता चला है कि पृथ्वी पर सरल जीवन (एक कोशिकीय जीव) की संरचना काफी पहले हो गयी थी लेकिन जटिल जीवन का प्रादुर्भाव होने के लिये काफी समय लग गया। पृथ्वी पर जो भी जीवन हम देखते हैं उसके संचालन के लिये दो प्रकार के अणुओं जिन्हें हम प्रोटीन और न्यूक्लिक एसिड कहते हैं की आवश्यकता होती है। पहले प्रकार के अणु जो अमीनो एसिड से मिलकर बनते हैं पृथ्वी पर जीवन की आधारभूत इकाई माने जा सकते हैं। दूसरे प्रकार के अणु जिन्हें हम न्यूक्लिक एसिड कहते हैं उस विशिष्ट सूचना के संग्रहण के लिये आवश्यक होते हैं जो वंशानुगत होती है। प्रोटीन और न्यूक्लिक एसिड के अणु बहुत असानी से विघटित हो जाते हैं और प्रकृति में उनका अपने आप बनना अत्यंत मुश्किल प्रक्रिया है। सन 1952 में अमेरिकी जीव वैज्ञानिक स्टेनले मिलर ने प्रयोग करके बताया कि उचित भौतिक परिस्थितियों की उपस्थिति में सरल तत्वों से जटिल तत्वों की संरचना संभव है। यों तो मिलर के प्रयोग में जिन तत्वों का निर्माण हुआ वे प्रोटीन और न्यूक्लिक एसिड से काफी कम जटिल थे फिर भी इस ऐतिहासिक प्रयोग को जीवन की उत्पत्ति समझने में एक मील का पत्थर माना जाता है। बहुत सारे वैज्ञानिक यह भी मानते हैं कि पृथ्वी पर जीवन का प्रादुर्भाव किसी अन्य ग्रह से हुआ लेकिन अभी इस बारे में निश्चित रूप से कुछ नहीं कहा जा सकता है। पिछले कुछ सालों की खोजों से यह भी पता चला है कि जीवन को हम जितना दुर्लभ मानते हैं यह उतना है नहीं। पृथ्वी पर ही अत्यंत विषम परिस्थितियों में जीवन की उपस्थिति ने पृथ्वी से बाहर जीवन की उपस्थिति के प्रति वैज्ञानिकों को आशान्वित कर दिया है।

प्रस्तुत लेख में आधुनिक ब्रह्माण्ड विज्ञान के कुछ मुख्य विषयों की चर्चा की गयी है। इस लेख का मुख्य उद्देश्य पाठकों को ब्रह्माण्ड से संबंधित उन तथ्यों से अवगत कराना था जिनकी जानकारी हमें पिछले सौ सालों में हुई है। यों तो आज हम ब्रह्माण्ड के बारे में बहुत कुछ जानते हैं जैसे कि ब्रह्माण्ड की उम्र, विस्तार और संरचना फिर भी बहुत सी बातें अभी भी रहस्य बनी हुई हैं उनमें से अदृश्य पदार्थ और अदृश्य पदार्थ की प्रकृति प्रमुख हैं। हमारा अधिकांश ज्ञान उस पांच प्रतिशत पदार्थ से संबंधित है जिससे ग्रह, नक्षत्र और आकाशगंगाएँ बनी हुई हैं।

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति और विकास को पूरी तरह समझने के लिये हमें प्रेक्षकों के साथ-साथ देश-काल और पदार्थ की प्रकृति को मूलतम स्तर पर जानने की जरूरत है और इसके लिये दुनिया के समस्त वैज्ञानिक प्रयासरत हैं।



Notes

¹Telescopes

²Planets

³spacecraft

⁴solar system

⁵galaxy

⁶Milky Way

⁷Stars

⁸cosmology

⁹ cosmological principle

¹⁰mass

¹¹General theory of relativity

¹² space-time

¹³static

¹⁴Observers

¹⁵dynamic

¹⁶escape velocity

¹⁷dimesnions

¹⁸fundamental level

¹⁹structure

²⁰properties

²¹atoms

²²indivisible

²³ fundamental particles

²⁴frequency

²⁵wavelength

²⁶electromagnetic force

²⁷weak force

²⁸strong force

²⁹Dark Matter

³⁰Dark Energy

³¹Inflation

³²string theory