4

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति : प्राचीन एवं आधुनिक धारणाएं

■ जयंत नार्लीकर

डा. जयंत नार्लीकर अन्तर्विश्वविद्यालयीन, ज्योतिर्विज्ञान एवं ज्योर्तिभौतिकी केन्द्र पुणे के सम्प्रति निदेशक हैं। डा. नार्लीकर का नाम किसी परिचय का आकांक्षी नहीं है। प्रसिद्ध वैज्ञानिक अलबर्ट आइंस्टीन के सिद्धांतों के समीक्षक और ज्योतिर्भौतिकी तथा गुरूत्वाकर्षण के नए सिद्धांतों के जनक, ब्रह्माण्ड के आकार-प्रकार-स्वरूप के मॉडल्स के उद्घाटक वैज्ञानिक नार्लीकर बहुश्रुत एवं बहुपठित हैं। वे विभिन्न पत्र-पत्रिकाओं में तथा प्रसार माध्यमों में वैज्ञानिक अभिरूचि जगाने तथा विज्ञान शिक्षा के लिए निरंतर लिख और बोल रहे हैं। प्रस्तुत लेख छः खंडों में इंडियन एकेडेमी ऑफ साइंसेज की विज्ञान शिक्षा पत्रिका ''रेजोनैन्स'' के 1996 के अंकों एक से सात में प्रकाशित हुआ था। वहीं से डा. नार्लीकर की आज्ञा लेकर अनूदित, संपादित, समेकित और संक्षेपित कर यहां प्रस्तुत किया जा रहा है। ऐतिहासिक पृष्ठभूमि विभाग में ब्रह्माण्ड के रचना और समग्र विकास की कहानी है। प्राचीन विचारों की विवेचना करते हुए आधुनिक दूरवीक्षण यंत्रों से अध्ययन करने तथा हर्शल एवं हबल जैसे आधुनिक वैज्ञानिकों तक की चर्चा है कि हमारी मंदाकिनी में हम कहां है ? और फिर मंदाकिनियों के इस अनंत महासागर में हमारी गैलेक्सी आखिर कहां है ? दूसरे विभाग में विस्तीर्णोन्मुख ब्रह्माण्ड का सिद्धांत 1920 में डॉप्लर शिफ्ट ऑफ लाइट फ्रॉम गैलेक्सीज के अवलोकनों के आधार पर प्रतिपादित किया गया है। प्रसिद्ध हबल नियम की चर्चा है कि वेग और दूरी के बीच क्या अनुपात होना चाहिए। गणितीय आधार पर सिद्ध किया है कि अनंत अंतरिक्ष में कोई स्थिति नहीं बताई जा सकती क्योंकि वहां कोई दिशा है ही नहीं। महाविस्फोट के सिद्धांत को 1920 में प्रतिपादित करने वाले प्रसिद्ध वैज्ञानिकों फ्रीडमैन, लेमेत्रे तथा रॉबर्ट्सन के कार्यो की चर्चा है तृतीय विभाग में। चौथे विभाग में 1965 में अनुसंधायित माइक्रोवेव बैकग्राउण्ड के अनुसार डा. नार्लीकर ने महाविस्फोट के प्रथम तीन मिनट में हलके नाभिकों की उत्पत्ति बताई है जब संपूर्ण ब्रह्माण्ड तप्त विकिरण से व्याप्त हो गया। विश्व ठंडा हुआ और पदार्थ में परिणत होकर सर्वव्यापी हो गया। पांचवे विभाग में बिग-बैंग मॉडल का महत्व बताते है धरती से दूरवीक्षण यंत्रों द्वारा सुदूर अंतरिक्ष यात्राओं में अंतरिक्ष को जैसा देखा गया, इन सबकी विवेचना की गई है। विशेष रूप से हबल नियम, सोर्सकाउन्ट्स, ऐंगुलर डायामीटर ब्रह्माण्ड की आयु, हलके नाभिकों की सर्वव्याप्ति तथा सूक्ष्म तरंग पृष्ठभूमि की चर्चा है। अंत में छठवे विभाग में ब्रह्माण्ड विज्ञान की चुनौतियों की चर्चा करते हुए महाविस्फोट सिद्धांत की समीक्षा की गई है। निष्कर्ष यह है कि अभी हम जो कुछ जानते है - उससे कई गुना और उससे भी अधिक जानना शेष है। डा. नार्लीकर ने अपने नए विचार और मॉडल्स प्रस्तुत किए हैं जो हमारी ज्ञानवृद्धि में सहायक होंगे। अपने लेख को प्रकाशित करने की अनुमति के लिए डा. नार्लीकर के प्रति विज्ञान भारती प्रदीपिका आभारी है।

जबसे मनुष्य ने सूर्य और आकाश को देखा तभी से ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति विषयक चर्चा को महत्वपूर्ण माना गया। ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति संबंधी मान्यतायें सबसे पहले कबीलों में कही गई और कालान्तर में वे सभी संस्कृतियों में व्याप्त हुई। ये मान्यतायें सभी धर्मो की वैचारिक पृष्ठभूमि होने साथ साथ वैज्ञानिक, दार्शनिक और कल्पनात्मक मान्यताओं की भी शीर्ष मणि रही है। ऋग्वेद के नासदीय सूक्त को जिसे उत्पत्ति ऋचा के रूप में जाना जाता है, उत्पत्ति विषयक ज्ञान को सर्वोच्च सत्य से जोड़ती है और वह इसे कुछ इस प्रकार व्यक्त करती है ''वह सर्वोच्च सत्ता जानती है, और संभव है वह भी न जानती हो।''

विज्ञान ने इस प्रश्न को अपने ढंग से ब्रह्माण्डोत्पत्ति के प्रत्येक चरण के निरीक्षण एवं निष्कर्ष के माध्यम से सुलझाने का प्रयास किया। समय के इस पंचांग में सूर्य और उसके ग्रहों की उत्पत्ति साढ़े चार बिलियन वर्ष पूर्व है। किंतु यह सभी कुछ लगभग 17 बिलियन वर्ष पूर्व प्रारंभ हुआ होगा जब अचानक महाविस्फोट हुआ। उस प्रारंभिक घड़ी में सभी परमाण्विक क्रियायें स्तब्ध थीं एवं द्रव्य ने रूप धारण करना प्रारंभ किया। विज्ञान बतलाने का दावा करता है कि प्रत्येक बिलियन सेकंड के भी बिलियनवें भाग के समय में क्या हुआ।

परंतु प्रश्न है कि महाविस्फोट के पूर्व क्या हुआ और फिर महाविस्फोट ही क्यों हुआ। विज्ञान इन प्रश्नों का उत्तर नहीं देता और संभवतः उसकी बहुत आवश्यकता भी नहीं है। कैरी पॉपर लिखते हैं ''जितना अधिक हम विश्व के

संबंध में अध्ययन करते हैं, और जितनी अधिक गहराई तक हम ज्ञान में पैठते हैं उतना ही हमें यह ठीक ढंग से ज्ञात होने लगता है कि हम क्या नहीं जानते। यही हमारी अनभिज्ञता का ज्ञान है।''

विज्ञान का उद्देश्य ज्ञान को बढ़ाना है और उस पर यह प्रतिबंध नहीं है कि वह हर प्रश्न का हल प्रस्तुत करे क्योंकि बहुत से प्रश्नों का आज के ज्ञान की स्थिति में उत्तर नहीं दिया जा सकता।

वस्तुतः ज्ञान की कोई भी विधा पूर्ण नहीं है। जब कुर्ट मोडेल ने अपने प्रमेय की अपूर्णता को प्रस्तुत किया तो वैज्ञानिकों एवं गणितज्ञों ने उस पर काफी हो हल्ला मचाया। यदि इसे सामान्य भाषा में कहा जाये तो यह होगा कि किसी भी औपचारिक तंत्र की कुल वैधता उसी तंत्र के भीतर ही स्थापित नहीं की जा सकती। इसके लिए तंत्र को उससे अलग करना होगा। विज्ञान अकेला ही आपको बोधगम्यता के पास नहीं पहुंचा सकता और न ही गणित इस अनंत सत्य को बता सकता।

यह आश्चर्यजनक कहा जा सकता है कि उन्नीसवीं सदी के अंत तक भौतिकी में बहुत कुछ खोजने को नहीं रह गया था। उन्नीसवीं सदी के मध्य तक हार्वड विश्वविद्यालय के भौतिकी विभाग के अध्यक्ष छात्रों को विषय के प्रति अनुत्साह प्रदर्शित करने लगे क्योंकि तब तक बहुत कम चीजें ही खोजने को बचीं थीं।

बीसवीं सदी तक तो भौतिकी और विज्ञान की नई दिशायें देने वाले भी नहीं रह गये थे। हमारे युग के महानतम् वैज्ञानिक आइंसटीन यह प्रश्न करने लगे थे ''मै यह जानना चाहता हूं कि ईश्वर ने विश्व की सृष्टि कैसे की, मेरी रूचि इस या उस तत्व में नहीं रही'' वे आगे कहते हैं ''मैंने अपने लम्बे जीवन में एक बात सीखी है कि वह सभी विज्ञान जो यथार्थ से दूर है बहुत ही आदिम एवं बचकाना है।''

और इस तरह उत्पत्ति विषयक प्रश्न का समापन होता है। हमारे पास बहुत से विवरण हैं। प्रत्येक दिन नये तथ्य एवं नये विवरण खोजे जा रहे हैं, फिर भी हमे ''उसके विचार'' को जानने का प्रयास नहीं कर रहे हैं। यह विज्ञान के द्वारा नहीं मिलेगा परंतु यह ''उसके'' साथ होने पर मिलेगा। यह ''उसका साम्राज्य'' है जहां गोडेल के प्रमेय लागू नहीं होते। तैत्तरीय उपनिषद में ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति को अजन्मी चेतना का अविर्भाव माना है। उस चेतना से एक रूप होकर ही हम अधिक परिपक्व ढंग से विचार कर सकते हैं।

❑ संपादक

ब्रह्माण्ड की प्राथमिक अवधारणाएं

हमारी धरती की आयु लगभग 46 अरब वर्ष है। इसी प्रकार मानव के अस्तित्व का इतिहास भी लाखों वर्ष पुराना है। पर मानवी सभ्यता के क्रम में हमें जो लिखित इतिहास उपलब्ध है वह इन लाखों और अरबों वर्षो का अवधि का अति छुद्रांश है। सीमित साक्ष्यों के आधार पर हम कह सकते है कि हमारे पूर्वज भी इस अनंत ब्रह्माण्ड के प्रति उतने ही जिज्ञासु थे जितने कि हम आज हैं। उन्होंने जितना देखा और उससे वे जो गणना और अनुमान लगा सकते थे उतना उन्होंने कहा और लिखा। ज्ञात से अज्ञात का केवल अनुमान ही लगाया जा सकता है। दुनिया के भिन्न भागों में भिन्न परंपराओं के कारण ब्रह्माण्ड ज्ञान को भी भिन्न भिन्न आकार-प्रकार दिया गया है।

हमारे वेदों और उपनिषदों के विचारों की गहराइयों से मैं हमेशा प्रभावित होता रहा हूँ। उन्हें लिखने वाले ईमानदार जिज्ञासु थे। ब्रह्माण्डीय जटिलताओं को वे भली प्रकार समझते थे। नासदीय सूक्त की पंक्तियां अत्यंत सार्थक और महत्वपूर्ण है -

प्रारंभ में तब न सत् था न असत् (अस्तित्व एवं अनस्तित्व) न वहां कोई आकाश था और न ही उसके आगे ही कुछ था। ऐसी स्थिति में तब वहाँ क्या था ? और क्यों था? क्या सर्वत्र तरल आप सर्वव्यापी था ?

कौन है जो जानता है और आकर हमें बताएगा कि दृश्य जगत का विस्तार कहाँ से आया ? निश्चित रूप से आखिर कौन जानता है ? देवता भी तो सृष्टि के ही अंश हैं। तब कौन जानता है कि यह जगत कहाँ से आया ?

यही वे मौलिक आधारभूत प्रश्न है जिनके उत्तर आधुनिक वैज्ञानिक भी जानना चाहते हैं। आदमी केवल प्रश्न से संतुष्ट नहीं होता - उसे उत्तर भी चाहिए होता है। जब उसे कोई समाधान कारक उत्तर नहीं मिलता तो अपने को अच्छी लगने वाली अवधारणाएं वह अभिकल्पित कर लेता है। परंपरा चल निकलती है और पीढ़ियां उसी ज्ञान को धरोहर की तरह अगली पीढ़ियों को सौंपती जाती हैं। बिना किसी प्रयोगवादी अथवा अवलोकित विज्ञान के आधार के प्रबुद्ध समाज द्वारा उन्हें यथावत् सत्य के रूप में स्वीकार

कर लिया जाता है जो कालांतर में किंवदंतियों और लोककथाओं का रूप ले लेती है।

ईसा से कुछ शताब्दियों पहले यूनानियों ने अभिकल्पनाओं की वैज्ञानिक जांच पड़ताल प्रारंभ की। यूनानी गणितज्ञ और दार्शनिक पायथागोरस के चेले पृथ्वी और सूर्य के बीच संबंधों को लेकर परेशान थे। वे मानने के लिए तैयार ही नहीं थे कि पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा करती है। उनका मानना था कि सूर्य से भी परे कोई अग्निपुंज है जिसकी परिक्रमा पृथ्वी करती है। किंतु वह केन्द्रीय अग्नि पुंज दिखाई क्यों नहीं पड़ता ? इसके उत्तर में पायथागोरियन चेलों ने नई पृथ्वी की कल्पना कर के गप्प हांक दी कि यह अभिकल्पित पृथ्वी उस केन्द्र की परिक्रमा करती है किंतु छोटे परिक्रमा पथ से। अब इस पथ ने पृथ्वी के यात्रापथ को इस तरह आच्छादित कर लिया कि पृथ्वी के किसी भी स्थान से इस छाया पृथ्वी के कारण केन्द्रीय अग्निपुंज को देखा ही नहीं जा सकता। अब प्रश्न उठा कि ठीक है किंतु यह छाया पृथ्वी तो दिखाई नहीं पड़ती? कहां है वह ? पायथागोरियन चेलों की गप्प अंतहीन है

कॉर्ल पॉपर विज्ञान की परिभाषा देते हुए कहते हैं कि विज्ञान का सिद्धांत प्रयोगसिद्ध होना चाहिए और प्रयोग का परिणाम सिद्धांत को तिरोहित कर देता है। जब तक सिद्धांत प्रयोगसिद्ध नहीं होता वह जीवित रहता है। दार्शनिक कल्पनाओं और वैज्ञानिक सिद्धांतों के बीच अंतर इसी प्रकार किया जाता है।

अरस्तु का ब्रह्माण्ड :

सिकंदर के गुरू प्लेटो के चेले अरस्तु को आधुनिक भौतिकी सिद्धांतों का जनक माना जाता है। संभवत: वह पश्चिमी मानव का प्रथम वैज्ञानिक प्रयास था जिसमें नियमों को वस्तुपरक यथार्थ से जोड़ा गया। अरस्तु के विचारों की कुंजी पृथ्वी की अलग प्रकार की गतियों पर निर्भर करती है। भले ही आज अरस्तु के विचारों को गलत माना जा रहा हो, फिर भी पश्चिमी मानव के इस प्रथम प्रयास का संक्षिप्त विवेचन उचित होगा।

अरस्तु ने दो प्रकार की गतियों को बताया। सामान्य गति जो चक्रीय होती है तथा उग्रगति जो वक्री या अटपटी होती है। चक्रीय गति ही क्यों ? वह इसलिए कि अरस्तु चक्र के सुंदर गुणों से सम्मोहित थे। जो गुण किसी भी अन्य वक्र में नहीं पाये जाते। चक्रीय वलय के किसी एक खंड को यदि हम लें और उसकी परिधि पर आगे कहीं से भी चलें तो हम पायेंगे कि उसके नीचे का जो चक्र है उसकी परिधि से यह परिधि समरूप है। सीधी रेखा में भी यही गुण है क्योंकि वह भी एक ऐसे चक्र का भाग होती है जिसका अर्धव्यास अनंत होता है। वस्तुत: वलय

परिधि की प्रत्येक स्थिति समरूप होती है। ब्रह्माण्ड विज्ञानी विशाल ब्रह्माण्ड रचना के मापन में भी ऐसे ही समरूप तर्कों का सहारा लेते है।

यद्यपि अंतरिक्षीय पिंड अर्थात गृह नक्षत्र चक्रीय गति करते हुए दिखाई नहीं पड़ते इसलिए अरस्तु के चेलों ने एपीसाइकिल्स नाम की जटिल वलयी रचनाओं को बना डाला। अर्थात एक ग्रह जब एक एपीसाईकिल पर चलता है तब उसका केन्द्र दूसरे एपीसाइकिल अर्थात अधिचक्र पर चलना शुरू करता है और उसका केन्द्र अगले अधिचक्र पर। इस प्रकार ये एक स्थिर धरती की कल्पना तक ले जाते है जो इन गतिमान अधिचक्रों के मध्य में किसी अंतरिक्ष के काल्पनिक बिन्दु पर ठहर जाती है।

इस प्रकार अधिचक्र सिद्धांत कुछ भिन्न नहीं है उन आधुनिक सिद्धांतों से जो प्रत्यक्ष और काल्पनिक गतियों के घालमेल से बनते हैं। इस प्रकार के तर्क वितर्क हमें मौलिक सिद्धांत के आधारभूत परिकल्पना से दूर ले जाते है। अत: ग्रीक अधिचक्र सिद्धांत पर बहुत मलहम पट्टी की आवश्यकता है अच्छा हो इसे यहीं छोड़ दिया जावे। अरस्तु को छोड़कर हम कोपरनिकस, केपलर, गेलीलियो और न्यूटन की ओर चलें जिन्होंने यद्यपि अरस्तु की मौलिक दिशा में काम किया फिर भी उससे भिन्न निष्कर्षो पर पहुँचे । जो आज भी भौतिकी विदों के लिए प्रकाश स्तंभ की तरह हैं।

दूरवीक्षण यंत्र :

ईस्वी सन 1608 में हालैंड के चश्मा बनाने वाले हान्स लेपर्शे ने लेंस की दूरबीन का अन्वेषण किया । यह खोज खगोल दर्शन के लिए कितनी लाभकारी होगी इसे जाना इटली के वैज्ञानिक गैलीलियो ने। दूरबीन के द्वारा गैलीलियो ने ब्रह्माण्ड का निरीक्षण प्रारंभ किया । जब गैलीलियो ने तत्कालीन ईसाई विचारकों एवं पुराहितों को इस बात के लिए बुलाया कि वे खुद दूरबीन देखकर ब्रह्माण्ड संबंधी तथ्यों की पड़ताल करें तो उन्होंने यह कहकर इन्कार किया कि दूरबीन से दिखने वाली वस्तुएं वास्तविक नहीं वरन मायाजाल हैं।

आगे चलकर आइज़क न्यूटन ने एक नई दूरबीन का आविष्कार किया जिसमें लेंस की जगह गोल दर्पण का प्रयोग किया गया था। लेंस में प्रकाश किरणों को अपवर्तन द्वारा एक जगह केन्द्रित किया जाता है तो दर्पण में परावर्तन द्वारा। परंतु न्यूटन की दूरबीन में एक दोष था, जिसके कारण यह दूरबीन सफल नहीं हुई। दर्पण द्वारा बने बिंब दर्पण के सामने बनते हैं जहां से उन्हें देखना कठिन होता है, क्योंकि वे बिंब बनाने वाली किरणों के रास्ते में आ जाते हैं। लेंस द्वारा बने बिंब को देखना सरल है।

17 वीं शती में दूरवीक्षण यंत्र के आविष्कार से प्रायोगिक ज्योतिर्विज्ञान में क्रांतिकारी परिवर्तन हुए। गैलीलियो ने दूरस्थ अंतरिक्षीय पिंडों को सर्वप्रथम अपने दूरवीक्षण यंत्र से देखने का प्रयत्न किया । इस दूरबीन से विलियम हर्शेल और उनके बेटे जॉन ने पहली बार अंतरिक्ष का एक सामान्य चित्र बनाया कि ब्रह्माण्ड एक तश्तरीनुमा आकार में तारों और नक्षत्रों का समुच्चय है जिसमें श्वेत पट्टिका जैसी आकाशगंगा बनती है। सूर्य के चारों ओर तारों और ग्रहों का फैलाव होने से हर्शल ने निष्कर्ष निकाला कि सूर्य ही ब्रह्माण्ड का केन्द्र है।

दूसरे विश्वयुद्ध के पश्चात् दूरवीक्षण यंत्रों में अनेक परिवर्तन हुए रेडियो दूरबीन ने खगोल विद्या को समझने में और अधिक सहायता की।

हमारी आकाशगंगा :

हर्शल ने आकाशगंगा के रूपांकन यद्यपि बड़ी सावधानी पूर्वक किया था परंतु इसमें दो गंभीर त्रुटियां रह गई थीं जो कि काफी वर्षो बाद वर्तमान शताब्दी के प्रारंभ होने पर ही सुधारी जा सकीं। अठारहवीं और उन्नीसवीं शताब्दियों में भी कुछ लोग ऐसे थे जिन्होंने हर्शल की त्रुटियों को भांप लिया था। जे.एम. लैम्बर्ट ने यह सुझाव दिया था कि आकाशगंगा में तारे एक केन्द्र के चारों ओर घूमते हैं तथा सूर्य भी अपने सभी ग्रहों के साथ इसी केन्द्र के चारों ओर भ्रमण करता है।

लैम्बर्ट ने ही यह सुझाव दिया था कि सभी पिंड जो आकश में दिखलाई देते हैं आवश्यक रूप से आकाशगंगा तक ही सीमित नहीं है। खगोलविदों ने तारों और ग्रहों के अतिरिक्त नीहारिकाओं को भी खोजा जिनके गुणों का अब तक ठीक ज्ञान नहीं था। लैम्बर्ट ने तर्क दिया था कि निहारिकाएं वस्तुत: हमारी आकाशगंगा से भी दूर की दूसरी आकाशगंगा से है।

इस शताब्दी के प्रारंभ में सूर्य का आकाशगंगा में स्थान निश्चित किया गया, जो कि आकाशगंगा के केन्द्र से बहुत दूर बाहरी परिधि पर है। सूर्य और उसके ग्रह आकाशगंगा के केन्द्र से उसके अर्धव्यास के दो तिहाई अंतर पर स्थित है। यह दूरी है लगभग 30,000 प्रकाश वर्ष और समूची आकाशगंगा का व्यास है इससे लगभग तिगुना।

आकाशगंगा में बादल जैसी अभ्रिकाये काफी स्थानों पर मिलती हैं ऐसी ही एक देवयानी अभ्रिका (एंड्रोमिडा नेबुला) है। प्राइक्टर तथा कुछ अन्य वैज्ञानिकों का विचार था कि देवयानी अभ्रिका वास्तव में हमारी आकाशगंगा के बाहर बहुत दूरी पर स्थित है उसका आकार छोटा लगता है उसकी दूरी की बदौलत देवयानी सचमुच एक विशाल तारा समूह है जो आकार एवं तारे की संख्या में हमारी आकाशगंगा से कम नहीं। धीरे धीरे यह ज्ञान होने लगा कि ब्रह्माण्ड में हमारी आकाशगंगा जैसी सैकड़ों आकाशगंगाएं हैं।

हबल का नियम :

वर्तमान शताब्दी के प्रारंभ होने के साथ ही खगोल विज्ञान में फोटोग्राफी का उपयोग प्रारंभ हो गया। जिन धुंधली वस्तुओं को मानवीय चक्षु उतनी बारीकी से नहीं देख पाते, उससे कहीं अधिक बारीकी से फोटोग्राफी से प्राप्त चित्रों में उन्हें समझा जा सकता है। यह सब तरंग दैर्घ्य या वेव्हलेंथ के कारण है। दो लगातार उच्चतम बिन्दुओं के बीच की दूरी प्रकाश किरण की वेव्हलेंथ कहलाती है। हमारी आंखें प्रकाश द्वारा सृष्टि को देखती है जो सामान्यत: सात इंद्रधनुषी रंगों में विभाजित हैं। प्रत्येक रंग की अपनी अलग वेव्हलेंथ है। ये वेव्हलेंथ 400 से 800 नैनोमीटर के बीच होती है। एक नैनोमीटर एक मीटर का अरब वां भाग है। इनसे अतिरिक्त प्रकार की प्रकाश लहरों को हमारी आंखे महसूस नहीं कर पाती।

सन् 1912 में व्ही.एम. स्लिफर ने एक महत्वपूर्ण कार्य किया वह यह कि उन्होंने एक 24 इंची अपवर्तक दूरवीक्षण यंत्र (रिफ्रेक्टिंग टेलिस्कोप) में एक तेज कैमरे का प्रयोग किया तथा इस तरह उन्होंने M31 की अवशोषण रेखा की वेव्हलेंथ को मापा और उन्होंने कुछ अप्रत्याशित उत्तर पाये जो अमरक्त विस्थापन (रेडशिफ्ट) से संबंधित थे। इसी विषय पर खोज करते हुए हबल एवं उनके युवा सहयोगी मिल्टन ह्यूमेन्शन ने निहारिकाओं की दूरियों के संबंध में नवीन विचार रखे। हबल ने 1929 में इस सूत्र की रचना की।

$$V=H \times r$$

यहां V नेबुला का वेग (वेलासिटी) एवं r दूरी है ऊपर दिये गये सूत्र में H को हबल का स्थिरांक कहा जाता है। तथा इसके संबंध को हबल का नियम। हबल की गणना के अनुसार 1/H का अर्थ 1.8 बिलियन वर्ष था जो कि बाद में गणना संबंधी कमियों के कारण वास्तविकता से बहुत कम पाया गया। आज की गणना के अनुसार यह आंकलन1/H 10 एवं 15 बिलियन वर्ष के बीच है। हबल के नियम को यदि सरल शब्दों में कहा जावे तो वह यह कि गैलेक्सी जितनी अधिक दूर है, उतनी ही अधिक तेजी से हमसे दूर भागती है।

प्रसरणशील ब्रह्माण्ड :

हबल के नियम से पहले ऐसा माना जाता था मानो हम ब्रह्माण्ड में एक निश्चित स्थान पर स्थित हैं जहां से सभी गैलेक्सियां दूर भाग रही है लेकिन वास्तव में हमारे स्थान में कोई विशिष्टता

नहीं है। संपूर्ण ब्रह्माण्ड विस्तारोन्मुख है जिस कारण से उसमें स्थित गैलेक्सियां एक दूसरे से दूर भाग रही हैं। यदि हम ब्रह्माण्ड का किसी अन्य गैलेक्सी से निरीक्षण करें तो वहां भी हम हबल के नियम को लागू पायेंगे। इस नतीजे को हम प्रसरणशील ब्रह्माण्ड के नाम से जानते हैं।

ब्रह्माण्ड की इस अवस्था को हम एक उदाहरण द्वारा जान सकते हैं। कल्पना करें कि एक गुब्बारा फुलाया जा रहा है। जिस पर सर्वत्र बिन्दु अंकित है जैसे जैसे गुब्बारा फूलता है, ये बिन्दु एक दूसरे से दूर भागते हैं। पर इस बिन्दु समुदाय में किसी एक बिन्दु को खास स्थान उपलब्ध नहीं है। यदि हम ब्रह्माण्ड के किसी भी भाग में जाएं और किसी भी दिशा में देखें तो हमें सवर्त्र एक ही दृश्य दिखलाई देगा।

प्रसरणशील ब्रह्माण्ड को दो साधरणीकृत संकल्पनाओं के द्वारा समझाया जा सकता है। इनमें से पहली संकल्पना को वाइल का नियम(Weyl Postulate) और दूसरी 'कास्मॉलाजिकल' प्रिंसिपल (Cosmological Principel) ब्रह्माण्डोत्पत्ति सिद्धांत के नाम से जानी जाती है। पहले के अनुसार निहारिकाओं को उनके ब्रह्माण्डीय काल में पहचाना जा सकता है। दूसरा कहता है कि अपने ब्रह्माण्डीय काल में एक सम और स्वरूप होता है।

महाविस्फोट सिद्धान्त :

''महाविस्फोट'' आज का बहुमान्य सिद्धांत है। इस सिद्धांत की विकास यात्रा के साथ बीसवीं सदी के अनेक विश्वविख्यात वैज्ञानिकों के नाम जुड़े है। हबल की खोज के सात वर्ष पूर्व अलेक्जांडर फ्रीडमेन नामक एक रूसी वैज्ञानिक ने सापेक्षता के सिद्धांत के आधार पर ब्रह्माण्ड के माडल बनाये थे, उनमें ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति एक बिन्दु से होकर उसमें फैलाव जारी रहने की कल्पना समाहित थी किंतु 1922 तक भी अधिकतर वैज्ञानिक यह मानते रहे थे कि ब्रह्माण्ड स्थिर है। इसलिए प्रसरणशील ब्रह्माण्ड की कल्पना एवं फ्रीडमेन के माडल उपेक्षित रह गये।

किंतु 1929 के पश्चात इन माडलों को स्वीकृति मिलने लगी। इन माडलों का ब्रह्माण्ड के संबंध में एक विशिष्ट निष्कर्ष है कि यदि आज ब्रह्माण्ड की मात्रा का घनत्व एक निश्चित मर्यादा से अधिक है तो ब्रह्माण्ड के फैलाव का वेग घटते घटते रूक जायेगा और फिर उसका आकुंचन होने लगेगा। यदि आज का घनत्व उस मर्यादा से कम हो तो ब्रह्माण्ड फैलते फैलते अनंत में विलीन हो जायेगा। आज के हमारे निरीक्षण यह नहीं बतला सकते कि इनमें से कौन सा पर्याय ब्रह्माण्ड पर लागू है। लेकिन फ्रीडमेन के सभी मॉडल ब्रह्माण्ड के भूतकाल के बारे में एक ही विवरण प्रस्तुत करते हैं जो संक्षेप में इस प्रकार है।

जैसा कि हम अनुमान लगा सकते हैं, यदि ब्रह्माण्ड में भूतकाल से फैलाव होता जा रहा है तो वह भूतकाल में आज से छोटा था, यहां तक कि एक क्षण ऐसा भी था जब ब्रह्माण्ड बिन्दुवत सूक्ष्म था। फ्रीडमेन के प्रत्येक मॉडल में ऐसा एक क्षण निश्चित किया जा सकता है जो सामान्यतया आज से कोई 10-15 अरब वर्ष पहले रहा होगा। इसे महाविस्फोट (बिगबैंग) का क्षण कहते है।

इस क्षण को ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति का क्षण माना जाता है। माडलों के अनुसार यह क्षण एक विस्फोटात्मक स्थिति सूचित करता है। जब ब्रह्माण्ड अनंत घनत्व एवं अनंत तापमान के साथ जन्मा था। विस्फोट के साथ ही उसका फैलाव होने लगा और उसके साथ साथ घनत्व एवं तापमान घटते गये। आदिकाल में ब्रह्माण्ड अतितप्त विकिरण से व्याप्त था। धीरे-धीरे विकिरण का स्थान जड़ पदार्थो ने लिया और पदार्थो के कणों से गैलेक्सियां बनीं जो आज भी उस विस्फोटजन्य वेग की बदौलत एक दूसरे से दूर भाग रही हैं। आपसी गुरूत्वाकर्षण के कारण उनके फैलाव की गति घटती जाती है। यह भी माना जाता है कि जिन सूक्ष्म तरंगों के विकिरण की पेजियास विल्सन ने खोज की थी वह उस आदि काल के प्रखर विकरण का अवशेषात्मक प्रतीक है। आज उसका तापमान लगभग 270 अंश सेल्सियस तक कम हो गया है।

यही विकिरण महाविस्फोट के एक सेकंड पश्चात् लगभग दस अरब अंश तापमान रखता था। 1946 में जार्ज गैमो ने यह दावा किया था कि ऐसे प्रखर तापमान में ब्रह्माण्ड के परमाणु संघटन की क्रिया द्वारा सभी रासायनिक मूल तत्वों के न्यूक्लियस (नाभिक) बन सकते हैं। शून्य ऽ काल में परिमित घनत्व ही दिक्काल वक्रता थी

आइंस्टीन का ब्रह्माण्ड (सापेक्ष्यतावाद) :

सापेक्ष कास्मॉलाजी विज्ञान का प्रारंभ फ्रीडमैन की प्रारंभिक खोज से पूर्व हो चुका था। वर्ष 1917 में आइंस्टीन ने स्वयं भी ब्रह्माण्ड के एक सहज सापेक्ष माडल की कल्पना की थी किंतु उन्होंने एक स्थिर तंत्र की कल्पना की थी। उस समय तक प्रसरणशील ब्रह्माण्ड के पक्ष में पर्याप्त साक्ष्य नहीं जुटे थे (हबल के सैद्धांतिक निष्कर्ष 1929 में आये) आइंस्टीन की यह सोच सही थी कि ब्रह्माण्ड में विशाल परिमाण में गति नहीं है। आइंस्टीन ने शीघ्र ही खोज लिया था कि उनके व्यापक सापेक्ष समीकरण का कोई स्थिर हल नहीं है। आइंस्टीन को स्थिर उत्तर की खोज में एक अंतरिक्षीय रूढ़ शब्द का प्रयोग करना पड़ा। इसी के गणितीय विवेचन के बाद उन्होंने निम्नलिखित सूत्र की स्थापना की।

$$r = (G\,m\,M/¥)^{1/3}$$

यहां ¥ स्थिरांक (Constant) है। आइंस्टीन के सामान्य सापेक्ष्यतावाद के सिद्धांत में ¥ का वही महत्व है पर उसके गणितीय विवरण अलग है।

आइंस्टीन के अनुसार प्रतिकर्षी शक्तियां ब्रह्माण्ड के गुरूत्वाकर्षणीय संकुचन को संतुलित करती हैं। इसे उन्होंने निम्नलिखित सूत्र से प्रदर्शित किया है।

$$R = [2GM/C\,c^2¥]^{1/3}$$

यहां M ब्रह्माण्ड की मात्रा (द्रव्यमान) है।

ब्रह्माण्ड के द्रव्यमान से क्या तात्पर्य है और किस तरह एक अनंत तंत्र का अनंत द्रव्यमान हो सकता है ? इसका उत्तर यह है कि ब्रह्माण्ड सीमाहीन हो सकता है पर है वह परिमित कालान्तर में और अधिक विचार करने पर आइंस्टीन ने स्वयं ही अपने द्वारा निर्मित मॉडल को उचित नहीं माना ।

अत: हबल स्थिरांक $H = \left[\left(\frac{1}{3}\right) y c^2\right]^{1/2}$ ही सर्वमान्य है।

फ्रीडमैन के सरल मॉडल :

बीसवीं सदी के प्रारंभिक वर्षो में ब्रह्माण्ड की प्रसरणशीलता संबंधी विचार को मान्यता प्राप्त नहीं हो पाई थी। यही कारण है कि फ्रीडमैन के मॉडल अकादमीय रूचि के ही बने रहे, उससे अधिक कुछ नहीं। यहां तक कि आइन्सटीन ने भी इन पर कोई गहरी रूचि नहीं दिखलाई। किंतु 1927 में लिमाइतरे एवं एच. पी. राबर्टसन ने अलग अलग इसी वर्ग के मॉडलों पर शोध किया। 1930 में राबर्टसन एवं ए.जी. वाकर ने अलग अलग कार्य कर क्लिष्ट गणितीय साक्ष्य द्वारा दिक्काल के ज्यामितीय रूपाकारों को वाइल पास्चुलेट् और कॉस्मॉलाजिकल प्रिंसिपल को ध्यान में रखकर समझाया। इसीलिए इस दिक् काल को ''राबर्टसन-वाकर (R-W) स्पेस-टाइम'' कहा जाता है।

स्पेस के ज्यामितीय रूपाकार को समझने में कुछ विशिष्ट प्रकार के वक्रों की कल्पना की गई तथा जटिल ज्यामितीय उपपत्तियों सीधी रेखाओं की दिशाओं पर चर्चा की गई। इसकी तुलना कुछ इस प्रकार है पृथ्वी में यदि किसी बिन्दु से एक सीधी रेखा खींची जावे तो वह अंत में उसी से जाकर मिल जाती है और इस तरह वह एक विशाल वृत्त बनाती है। ब्रह्माण्ड में यह स्थिति जटिल है। इसको अनेक चरणों में अनेक सूत्रों द्वारा समझाया गया है। अत: पैमाना - 'K' वक्रीय पैमाना कहा जाता है ।

हबल स्थिरांक :

जब S = प्रसरण के अनुपात, t = समय, प्रसरण दैर्ध्य = ls (t), वेग = Lds / dt, हबल स्थिरांक = H है तब उसका गणना सूत्र होगा H = (ds/dt) s, रेड शिफ्ट= Z अर्थात् प्रकाश तरंग दैर्ध्य में अनियमित वृद्धि। अत: घनत्व पैमाने पर हबल ने तीन मॉडल दिए हैं।

ब्रह्माण्ड के प्रथम तीन मिनिट की पड़ताल :

इस निबंध के प्रारंभिक भाग में प्रसरणशील ब्रह्माण्ड के सरलतम मॉडलों का विवरण दिया गया, जो सर्वप्रथम अलेक्जेन्डर फ्रीडमैन द्वारा प्रणीत थे। इन मॉडलों में ब्रह्माण्डीय धूल दबाव विहीन तरल के प्रत्येक कण को एक गैलेक्सी समझा जाय जो गैलेक्सियों की संख्या के विशाल परिमाण एवं गति जो वाइल पाश्चुलेट को संपूर्ण करती है। यह गति हबल के नियम का अनुसरण करती है।

वास्तविकता में गैलेक्सियों में प्रसरण के अतिरिक्त भी कुछ गतियां होती है। हमारी सबसे समीपवर्ती गैलेक्सी देवयानी अभ्रिका (एंड्रोमिडा नेबुला) वस्तुत: हमारी ओर बढ़ रही है, क्योंकि हमारी आकाशगंगा और इसमें आकर्षण है। देवयानी अभ्रिका (एंड्रोमिडा नेबुला) हमारी पड़ोस की बड़ी गैलेक्सी है जो हमारे निकटवर्ती समूह (लोकल ग्रुप) की सदस्य है। इस समूह में कुल 20 सदस्य हैं। इससे बड़े, सैकड़ों की संख्या में गैलेक्सियों वाले समुदाय भी देखे गए हैं।

ब्रह्माण्ड की प्रारंभिक अवस्था को जांचने के लिए गणितीय विधियों का सहारा लेना आवश्यक है। इनके अनुसार विकिरण अचर एवं भार के वितरण के संबंध को ज्ञात किया जाता है। यदि गणितीय विधि के अनुसार ज्ञात होता है कि महास्फोट के केवल एक सेकेण्ड के बाद ही 15 बिलियन डिग्री केल्विन तापक्रम का उद्भव हुआ। जार्ज गेमोव ने इस उपपत्ति पर गणना कर के बतलाया कि पहले 200 सेकंड में तापक्रम 10^{10}–10^8 K हो चुका था। इन्हीं गणितीय विधियों को कालान्तर में और अधिक तर्कसम्मत बनाया गया। सन 1957 में जेफ्रे एवं मारगरेट बरबिज ने फाडलर और होयल के साथ मिलकर ''रिव्यूज ऑफ मॉडर्न फिजिक्स'' में यह साबित किया कि किस तरह तारे विकास की अलग अलग अवस्थाओं में विभिन्न तत्वों यथा कार्बन आक्सीजन आदि को उत्पन्न करते है। ब्रह्माण्ड के प्रारंभिक चरण में विकिरण अधिक प्रभावी था किंतु बाद में द्रव्य प्रभावी होने लगा।

निरीक्षणात्मक ब्रह्माण्ड विज्ञान :

प्रारंभ आधारभूत निरीक्षण से ज्ञात हुआ कि नये अनुमानों के लिए और अधिक बेहतर निरीक्षण आवश्यक है। वैज्ञानिक कार्ल

पापर की उक्ति महत्वपूर्ण है जो यह कहती है कि कोई भी वैज्ञानिक सिद्धांत कभी भी सिद्ध नहीं किया गया। इस कथन में सार्थकता यह है कि किसी भी भविष्यवाणी को अस्वीकार्य बतलाया जा सकता है। इस तरह महास्फोट (Big Bang) सिद्धांत भी सदैव ही तर्कसम्मतता के घेर में होंगे। तात्पर्य यह कि यह सिद्धांत भी तब तक टिका रहेगा जब तक कि निरीक्षणात्मक प्रयोग इसे अस्वीकार नहीं कर देते।

सिद्धांत और निरीक्षण में दो प्रकार के विरोध हो सकते हैं :

1. इसके अंतर्गत ब्रह्माण्ड के सुदूर भागों का सर्वेक्षण आता है। इससे ब्रह्माण्ड के भूतकाल का ज्ञान होता है। इस तरह हम उसकी वर्तमान से तुलना कर सकते हैं, और पता लगा सकते हैं कि क्या परिवर्तन माडल्स भविष्यवाणी के अनुरूप हैं?

2. यहां हमें ब्रह्माण्ड के सुदूर भागों को देखने की आवश्यकता नहीं है, क्षेत्रीय वातावरण के अध्ययन से भी यह पता चल सकता है कि ये माडल के अनुरूप हैं या नहीं।

उपर्युक्त दोनों प्रकार के निरीक्षणों को समझने के लिए हबल के नियम को रेडशिफ्ट के संदर्भ में परीक्षण की आवश्यकता है। इसी तरह फ्रीडमैन के मॉडल में दिक् के आयतन, त्रिज्या (Volume Radius) संबंधों को जांचने की आवश्यकता है।

फ्रेड हॉयल ने 1958 में इन मॉडलों के लिए एक नई परीक्षा विधि सुझाई जो कि रेडियो स्त्रोतों के लिए उपादेय है। ब्रह्माण्ड के अध्ययन में मैटर के घनत्व का विश्लेषण भी महत्वपूर्ण है। इन सभी बिन्दुओं पर गणितीय विवेचन संभव है।

ब्रह्माण्ड की आयु :

सभी महाविस्फोट मॉडलों में ब्रह्माण्ड के आयु की सीमा है जिसे हल करना बहुत कठिन नहीं है। खाली ब्रह्माण्ड का सरलतम उत्तर दिये गये सूत्र में निहित है। ($K=1=0$ एवं H^1 के सपाट ब्रह्माण्ड के लिये उत्तर है मान का 2/3) फ्रीडमैन माडल के आधार पर ज्ञात ब्रह्माण्ड की आयु पृथ्वी की आयु (लगभग 4.6 बिलियन वर्ष) से काफी अधिक बैठती है परंतु इसमें पुराने तारों की आयु नहीं समाती।

महाविस्फोट सिद्धांत की समीक्षा :

महाविस्फोट सिद्धांत वैज्ञानिक दृष्टिकोण से यदि कहीं बहुत शुद्ध है तो कहीं कमजोर भी है। कुल मिलाकर सिद्धांत का विकास ज्ञात वैज्ञानिक नियमों के अनुसार है, इसलिए यह प्रथम दृष्टया मानक वैज्ञानिक सिद्धांत कहलाने का हकदार है।

जहां तक कमजोरियों का प्रश्न है उसमें प्रमुख कमजोरी यह है कि पूरा सिद्धांत ही मानक भौतिकी से विचलन की अवस्था में है। घटना को सैद्धांतिक भौतिकी की मानक तकनीकों द्वारा वर्णन करना संभव नहीं। गणित की भाषा में यह "सिंगुलर इवेन्ट" या विचित्र घटना है, अर्थात जहां कोई भी मानक गणितीय तकनीक काम न करे। कुछ वैज्ञानिक इसे विज्ञान की परिधि का विषय ही नहीं मानते किंतु कुछ इसे वर्तमान विज्ञान की जानकारी के अधूरेपन का प्रतिफल मानते हैं। इस विचार के अनुसार यह स्थिति वैज्ञानिक ज्ञान की वृद्धि के साथ ही बदलेगी।

ब्रह्माण्ड के प्रसरण संबंधी मान्यताओं में भी सुधार की गुंजाइश है, इसी तरह ब्रह्माण्ड की आयु के संबंध में भी अनिर्णय की अवस्था है। कुल मिलाकर अभी यह कह पाना कठिन है कि ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति हुई या वह सदा से ही है।