लार्ज हैड्रॉन कोलाइडर

कणों को रफ्तार देने की मशीन

एस. अनंतनारायणन

लॉर्ज हैड्रॉन कोलाइडर यानी एल.एच.सी. 27 किलोमीटर लंबी, 120 मेगावॉट की बहुराष्ट्रीय मशीन है, जो कणों को रफ्तार देने का काम करती है। इन्हें पार्टिकल एक्सलरेटर कहते हैं। यह स्विटज़रलैण्ड में जेनेवा और आंशिक रूप से फ्रांस में स्थित है। उम्मीद की जा रही है कि यह भौतिक शास्त्र के कुछ दशकों पुराने सवालों के जवाब उपलब्ध कराएगी।

एल.एच.सी. प्रोटॉन के दो पुंजों को एक खोखले छल्ले में विपरीत दिशाओं में गति देता है। प्रोटॉन मतलब हाइड्रोजन परमाणु के केंद्रक; प्रोटॉन कणों के हैड्रॉन समूह के सदस्य हैं। जब प्रोटॉन के पुंज दो विपरीत दिशाओं में आगे बढ़ते हैं तो संभावना बनती है कि ये आपस में टकराएंगे और कणों के बीच उच्च ऊर्जा अंतर्क्रिया को जन्म देंगे। यह उपकरण 1984 में स्थापित किया गया था। इस वर्ष 10 सितंबर व 21 सितंबर के दिन एक प्रोटॉन पुंज पर किया गया परीक्षण सफल रहा है। वास्तविक टक्कर के प्रयोग अगले कुछ सप्ताह में किए जाने की संभावना थी मगर फिलहाल किसी गड़बड़ी की वजह से एल.एच.सी. बंद पड़ा है।

भौतिकी का संकट

विश्लेषण-आधारित भौतिकी की शुरुआत आइज़ैक न्यूटन के साथ हुई थी, जिन्होंने गति और गुरुत्वाकर्षण के नियम प्रतिपादित किए थे। इन नियमों के आधार पर सौर मंडल के समस्त ग्रहों की गतियों को अत्यंत सटीकता से समझना संभव हो गया था और वैज्ञानिकों को लगा था कि हमने प्रकृति के रहस्य को जान लिया है। न्यूटन के नियमों के बाद जल्दी ही गैसों के नियम, ऊष्मागतिकी के नियम, विद्युत-चुंबकीय सिद्धांत सामने आए थे और फिर स्टीम इंजिन और बेतार संचार संभव हो गए। सचमुच ऐसा लगने लगा था कि सब कुछ जान लिया गया है।

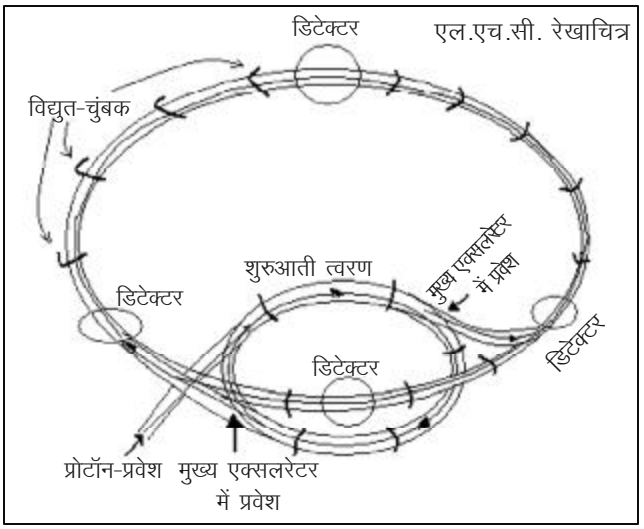
मगर रेडियोधर्मिता, परमाणु की संरचना, परमाणु में केंद्रक की खोज, सापेक्षता सिद्धांत और क्वांटम यांत्रिकी जैसी खोजों ने यह मुगालता दूर कर दिया। इन खोजों ने क्लासिकी भौतिक शास्त्र की बुनियाद को चुनौती दे डाली और शोध के नए क्षेत्र खोल दिए। सबसे प्रमुख प्रगति

क्या एल.एच.सी. खतरनाक प्रयोग है?

इस उपकरण में बहुत अधिक ऊर्जा की खपत या संग्रह होता है। यह ऊर्जा 27 किलोमीटर की परिधि में फैली होती है। तेज़ रफ्तार वाले कण शायद धरती पर निर्मित सबसे अधिक ऊर्जावान कण होंगे मगर ये इतने हल्के हैं कि (यह सही है कि दोनों पुंजों में कुछ 200 अरब प्रोटॉन्स होंगे) यह मात्रा एक राई के दाने के बराबर हाइड्रोजन जितनी है। इनकी कुल ऊर्जा इतनी कम होगी कि आम जीवन में शायद ही कोई असर दिखाई दे।

एक आशंका यह भी व्यक्त की गई है कि एल.एच.सी. में एक सूक्ष्म ब्लैक होल बन जाएगा। ब्लैक होल कोई अत्यंत भारी तारा होता है, जो इतना घना होता है कि उसका गुरुत्वाकर्षण आसपास की सारी चीज़ों को अपने में समेट लेता है, प्रकाश तक को नहीं छोड़ता। डर यह है कि कोई सूक्ष्म ब्लैक होल भी ऐसा ही करेगा। हकीकत यह है कि ब्लैक होल तब तक बन ही नहीं सकता जब तक कि एक स्थान पर सूर्य से 8 गुना अधिक पदार्थ इकट्ठा न हो जाए। यह सही है कि परमाणु के अंदर कणों का घनत्व ब्लैक होल से भी ज़्यादा होता है मगर छोटी दूरियों पर गुरुत्वाकर्षण अन्य बलों के मुकाबले बहुत कमज़ोर बल है। कम दूरियों पर इसका कोई खास महत्व नहीं होता।

ब्रह्मांड विज्ञान में हुई - अंतरिक्ष की वक्रता, फैलता ब्रह्मांड, सुपरनोवा की खोज, पल्सर्स, ब्लैक होल्स, और ब्रह्मांड की उत्पत्ति की बिग बैंग परिकल्पना। अपने आसपास भी लेज़र्स, ट्रांज़िस्टर्स और परमाणु के अंदर के कणों तथा प्रक्रियाओं पर गहन शोध शुरू हुआ।



उपरोक्त खोजें ब्रह्मांड विज्ञान के क्षेत्र में सापेक्षता के सामान्य सिद्धांत और बहुत सूक्ष्म स्तर पर प्रकृति के अध्ययन में क्वांटम इलेक्ट्रो डायनैमिक्स की सफलता की द्योतक हैं। मगर अपने-अपने क्षेत्र में संपूर्ण सफलता के बावजूद इन दो सिद्धांतों के बीच कोई सेतु नहीं है। ऐसा कोई एक सिद्धांत नहीं है जो एक ओर पदार्थ की प्रकृति व गुरुत्वाकर्षण तथा दूसरी ओर क्वांटम परिघटनाओं की एक साथ व्याख्या करे।

बिग बैंग

1929 में एक महत्वपूर्ण खोज हुई थी कि धरती से काफी दूरी पर स्थित तारे और निहारिकाएं हमसे दूर जा रही हैं और जो वस्तु जितनी दूर है, वह उतनी ही तेज़ गति से दूर जाती है। यदि ब्रह्मांड में चीज़ें लगातार दूर जा रही हैं, तो लगता है कि अतीत में एक समय ऐसा रहा होगा जब ब्रह्मांड बहुत छोटा-सा, दरअसल एक बिंदु के समान रहा होगा। लिहाज़ा एक सिद्धांत विकसित किया गया कि एक प्रारंभिक बिंदु में विशाल ऊर्जा कैद रही होगी। यह बिंदु यकायक फैला और इसी में से हर चीज़ की उत्पत्ति हुई। इस बात के सैद्धांतिक अनुमान लगाए गए हैं कि विभिन्न मूल कण किस तरह बने होंगे और किस तरह से सारे तत्व अस्तित्व में आए होंगे। ये अनुमान और वास्तविक अवलोकन आपस में बखूबी मेल खाते हैं। इसलिए इस सिद्धांत को व्यापक मान्यता मिली है। इस सिद्धांत के लिए बिग बैंग नाम देने का श्रेय ब्रिटिश खगोल भौतिकविद फ्रेड हॉयल को जाता है, जबकि एक समय पर हॉयल इस सिद्धांत के कट्टर आलोचक थे।

यह सिद्धांत अपने आप में उन उच्च ऊर्जा अंतर्क्रियाओं का विवरण पेश नहीं करता जो बिग बैंग के प्रथम चंद मिनटों में घटी होंगी। मगर पार्टिकल एक्सलरेटर इस तरह बनाए गए हैं कि हम उस तरह की उच्च ऊर्जा के समीप पहुंच सकते हैं। एल.एच.सी. इसके सबसे समीप पहुंचता है मगर फिर भी उस उग्र शुरुआत से कोसों दूर है।

स्ट्रिंग सिद्धांत

स्ट्रिंग सिद्धांत यह उम्मीद जगाता है कि गुरुत्वाकर्षण का एक क्वांटम सिद्धांत विकसित किया जा सकेगा। स्ट्रिंग सिद्धांत में माना जाता है कि स्थान यानी स्पेस के सामान्य आयामों में गुप्त (प्रच्छन्न) आयाम छिपे होते हैं - जैसे हम मानें कि कोई रेखा है जिसकी चौड़ाई शून्य नहीं है बल्कि यह एक स्ट्रॉ की तरह है। प्रच्छन्न आयाम उच्च ऊर्जा पर नज़र आते हैं और उन परिघटनाओं की व्याख्या करते हैं जो कम ऊर्जा की अंतर्क्रियाओं में दृष्टिगोचर नहीं होती हैं। इस

सिद्धांत में विद्युत बलों, परमाण्विक बलों के साथ-साथ गुरुत्व बल को भी समेटा जाता है।

बल और एक-दूसरे से परस्पर दूरी पर स्थित वस्तुओं के बीच बलों की क्रिया भौतिक शास्त्र की एक समस्या रही है। 'दूरी-पर-क्रिया' की इस समस्या से निपटने के लिए ही चुंबकीय व विद्युतीय क्षेत्र की अवधारणा विकसित की गई थी, हालांकि यह अवधारणा उसी जादू को एक अलग ढंग से व्यक्त करने का एक तरीका है। क्वांटम भौतिकी में बलों को दो वस्तुओं के बीच कणों के आदान-प्रदान के रूप में समझा जाता है। विद्युत-चुंबकीय बलों के संदर्भ में ये कण फोटॉन्स हैं, सशक्त बलों के संदर्भ में ग्लुऑन्स हैं (जो केंद्रक के अंदर उपस्थित कणों के बीच क्रिया करते हैं), और दुर्बल बलों के संदर्भ में डब्ल्यू व ज़ेड बोसॉन्स हैं। दुर्बल बल रेडियो विखंडन के दौरान उभरते हैं।

बलों की व्याख्या इस तरह से करते समय, सामान्य क्वांटम सिद्धांत उलझनों में फंस जाता है। जैसे समीकरणों में 'अनंत' प्रकट होता है, जो अर्थहीन है। सशक्त बलों, दुर्बल बलों तथा विद्युत चुंबकीय बलों के संदर्भ में इस समस्या से निपटने के तरीके खोज लिए गए हैं मगर गुरुत्व बल के संदर्भ में 'अनंत' की समस्या का कोई समाधान नहीं है।

तो स्ट्रिंग सिद्धांत क्वांटम भौतिकी को इस तरह विकसित करने का तरीका है कि उसमें गुरुत्व बल का समावेश हो पाए। इसके लिए अतिरिक्त आयामों का सहारा लिया जाता है। माना जाता है कि गुरुत्व बल का प्रसार करने वाले कण ग्रेविटॉन शून्य आयाम वाले बिंदु नहीं बल्कि सूक्ष्म क्षेत्र हैं जिनमें अतिरिक्त आयाम हैं - इस तरह से 'अनंत' की समस्या से छुटकारा मिल जाता है।

इस तरह के सिद्धांत का एक परिणाम यह होता है कि बल के स्थानांतरण से सम्बंधित हर कण के लिए एक भौतिक कण होना चाहिए। इस तालमेल को सुपर सिमेट्री (महा-सममिति) कहा जाता है। जैसे फोटॉन के लिए इलेक्ट्रॉन या प्रोटॉन हैं। फोटॉन जिस समूह के सदस्य हैं उसे सत्येन्द्र नाथ बोस के नाम पर बोसॉन कहते हैं और इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन को एनरिको फर्मी के नाम पर फर्मियॉन कहते हैं। तो फर्मियॉन्स सुपरसिमेट्रिक कण हैं बोसॉन्स के लिए।

सिद्धांत की पुष्टि

जब क्वांटम सिद्धांत का विकास हो रहा था, तब यह भविष्यवाणी की गई थी कि हर कण के लिए एक 'प्रति-कण' यानी एण्टी पार्टिकल होगा। प्रति-कण के शेष गुण मूल कण जैसे ही होंगे, सिर्फ आवेश विपरीत होगा। इलेक्ट्रॉन के प्रति-कण पॉज़िट्रॉन की खोज के साथ क्वांटम भौतिकी की पुष्टि हो गई।

इसी तरह से, यदि वर्तमान कणों के सुपरसिमेट्रिक जोड़ीदार खोजे जा सकें, तो स्ट्रिंग सिद्धांत का सत्यापन हो जाएगा। नए कण खोजने का तरीका यह है कि या तो वे बाहरी अंतरिक्ष से आते हैं या परमाण्विक प्रतिक्रियाओं में 'निर्मित' होते हैं। परमाण्विक प्रतिक्रियाएं कुछ और नहीं मूल कणों की आपस में टक्कर ही होती हैं। जब क्रिया करने वाले कणों से निकली ऊर्जा से नए कण बनते हैं, तो इसके लिए ज़रूरी है कि प्रारंभ में उन कणों के पास इतनी ऊर्जा होनी चाहिए। मगर वर्तमान कणों के सुपरसिमेट्रिक जोड़ीदार इतने भारी होते हैं कि उनके निर्माण के लिए ज़रूरी ऊर्जा मौजूदा पार्टिकल एक्सलरेटर उपकरणों में नहीं होती। एल.एच.सी. की ऊर्जा क्षमता विशाल है और यह इस समस्या का समाधान दे सकता है।

स्टैण्डर्ड मॉडल

क्वांटम यांत्रिकी ने एक ढांचा विकसित किया है जिसके अंतर्गत विद्यमान मूल कणों और उनके बीच बलों का प्रसार करने वाले कणों की व्याख्या की जा सकती है। कुल मिलाकर 12 फर्मियॉन्स यानी भौतिक कण हैं और 5 बल-प्रसार कण हैं। ये 5 कण फोटॉन्स, डब्ल्यू व ज़ेड बोसान्स तथा ग्लुऑन्स (8 किस्म के) और हिग्स बोसॉन हैं।

यह अंतिम यानी हिग्स बोसॉन एक परिकल्पित कण

है जिसकी संहति बहुत अधिक है। यह एकमात्र ऐसा कण है जिसे आज तक किसी प्रयोग में देखा नहीं गया है। कारण यह हो सकता है कि अत्यंत विशाल संहति के चलते इसके निर्माण हेतु बहुत अधिक ऊर्जा की ज़रूरत होती है। इस मामले में भी वैज्ञानिकों को एल.एच.सी. से बहुत उम्मीदें हैं। माना जा रहा है कि जिस तरह से प्रति-कणों की उपस्थिति ने क्वांटम यांत्रिकी को एक मज़बूत धरातल दिया था, उसी तरह से हिग्स बोसॉन की खोज से उच्च ऊर्जा भौतिकी की दिशा तय होगी। ***(स्रोत फीचर्स)***