

विज्ञान  
विश्व

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

©आशीष श्रीवास्तव

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

## वैधानिक और कापीराइट सूचना

आप इस पाठ सामग्री का किसी भी रूप में प्रयोग कर सकते हैं बशर्ते वह किसी व्यावसायिक प्रयोग के लिये ना हो तथा लेख के मूल भाव से अलग ना हो।

आपको इस लेख के प्रयोग के लिए निम्नलिखित अनुमतियाँ हैं :

1. आप इस लेख का अव्यवसायिक प्रयोग कर सकते हैं।
2. आप इन लेख का शैक्षिक उद्देश्यों के लिए प्रयोग कर सकते हैं।
3. आप इन लेखों को कापी कर अपने परिचितों को बाँट सकते हैं।
4. आप इन लेखों की सामग्री का सम्पादन कर सकते हैं बशर्ते यह सम्पादन लेख की मूल भावना के अनुरूप हो।
5. इन लेखों की सामग्री के प्रयोग कर लिखे कार्यों पर भी आप यह स्वतंत्रता प्रदान करें।
6. आप इन लेखों के मूल लेखक होने का दावा नहीं कर सकते हैं।
7. मेरी अपेक्षा यह रहेगी कि यदि आप इस पाठ सामग्री का प्रयोग करते हैं तो मुझे उसका श्रेय दिया जाये। यह श्रेय शीर्षक, उद्धरण या संदर्भ सूची में हो सकता है।

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

## अनुक्रमणिका

कण भौतिकी(Particle Physics) क्या है? .....	5
हमारा ब्रह्माण्ड कैसा है? .....	7
क्वार्क स्वतंत्र अवस्था में नहीं पाये जाते तो उनका अध्ययन कैसे होता है? .....	8
स्टैंडर्ड माडल.....	10
क्वार्क .....	10
लेप्टान.....	11
बल और प्रतिक्रियायें .....	13
एकीकरण.....	14
स्टैंडर्ड माडल से आगे .....	17
कण भौतिकी प्रायोगिक जांच .....	18
भविष्य की ओर एक नजर .....	19
स्रोत : .....	21

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

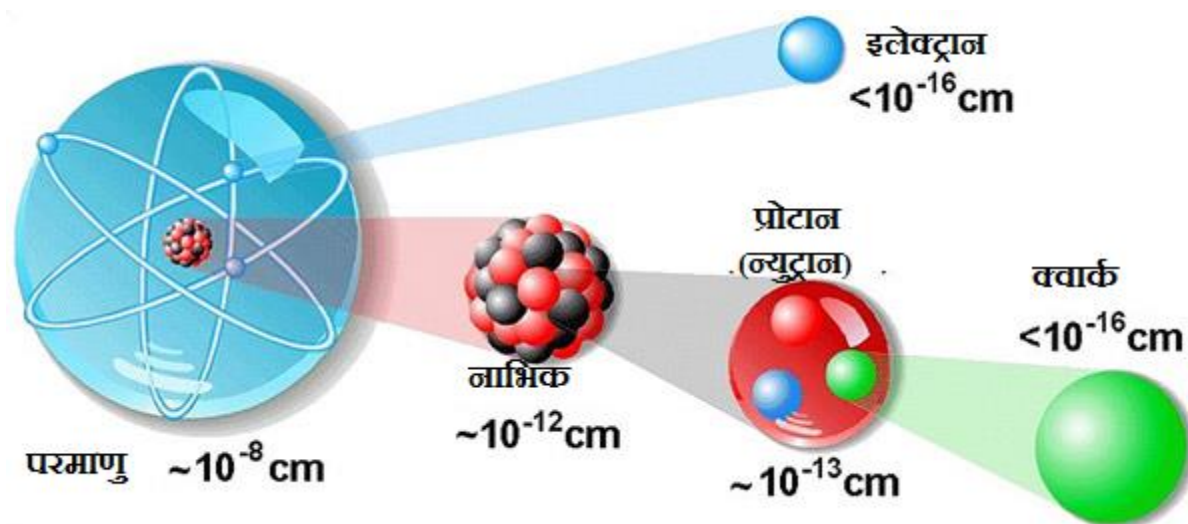
---

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

## कण भौतिकी(Particle Physics) क्या है?

नई वैज्ञानिक खोजों के समाचार में प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन, न्यूट्रॉन, न्यूट्रिनो तथा क्वार्क का नाम आते रहता है। ये सभी के परमाण्विक कणों के एक चिड़ीयाघर के सदस्य हैं और ये इतने सूक्ष्म हैं कि उन्हें सूक्ष्मदर्शी से देखा जाना भी संभव नहीं है। हम आम तौर पर अपने आसपास जो भी कुछ देखते हैं वे सभी अणुओं और परमाणुओं से बने हैं, लेकिन हमें परमाण्विक मूलभूत कणों के अध्ययन के लिये अणु और परमाणु के भीतर भी झांकना होता है जिससे हम ब्रह्माण्ड की प्रकृति को समझ सकें। इस विज्ञान की इस शाखा के अध्ययन को **कण भौतिकी(Particle Physics)**, **मूलभूत कण भौतिकी( Elementary Particle Physics)** या **उच्च ऊर्जा भौतिकी(High Energy Physics (HEP))** कहा जाता है।

परमाणु की संकल्पना ग्रीक दार्शनिक **डेमोक्रीट्स** तथा भारतीय ऋषी **कणाद** ने सदियों पहले दी थी, पिछली सदी(20 वीं) के प्रारंभ तक इन्हें हर तरह के पदार्थ के निर्माण के लिये आवश्यक मूलभूत कण माना जाता रहा था। प्रोटॉन, न्यूट्रॉन और इलेक्ट्रॉन के बारे में हमारा ज्ञान **रदरफोर्ड** के प्रसिद्ध प्रयोग के पश्चात ही विकसित हुआ है, जिसमें हम पाया था कि परमाणु का अधिकतर भाग रिक्त होता है तथा इसके केंद्र में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन से बना एक घना केंद्रक होता है और बाह्य लगभग रिक्त स्थान में इलेक्ट्रॉन गतिमान रहते हैं।



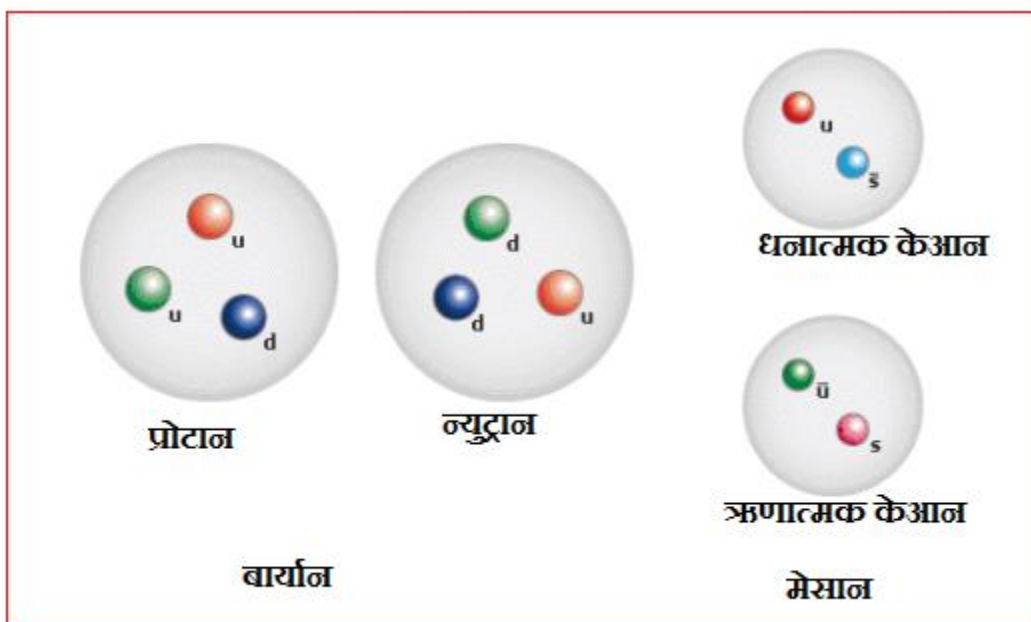
कण भौतिकी विज्ञान को **कण त्वरक (particle accelerators)** के अविष्कार के पश्चात तीव्र गति प्राप्त हुयी, जो कि प्रोटॉन या इलेक्ट्रॉन को अत्यंत तेज ऊर्जा देकर उन्हें ठोस परमाणु नाभिक से टकरा सकते हैं। इन टकरावों के परिणाम वैज्ञानिकों के लिये आश्चर्यजनक थे, जब उन्होंने इन टकरावों में उत्पन्न ढेर सारे नये कणों को देखा।

1960 के दशक के प्रारंभ तक कण त्वरक कणों को अत्याधिक ऊर्जा देने में सक्षम हो गये थे और इन टकरावों में उन्होंने **100 से ज्यादा** नये कणों का निरीक्षण किया था। क्या ये सभी उत्पन्न कण मूलभूत हैं? वैज्ञानिक एक लंबी

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

अवधि तक पिछली सदी के अंत तक संशय में रहे। सैद्धांतिक अध्ययन और प्रयोगों कि एक लंबी श्रृंखला के पश्चात ज्ञात हुआ कि इन मूलभूत कणों के दो वर्ग हैं जिन्हें **क्वार्क(quark)** और **लेप्टान(lepton)** कहा गया। लेप्टान कणों के उदाहरण **इलेक्ट्रॉन(electron)** , **न्यूट्रिनो(neutrino)** हैं। इनके साथ **मूलभूत बलों(fundamental forces)** का एक समूह है जो इन कणों से प्रतिक्रिया करता है। ये मूलभूत बल भी ऊर्जा का संवहन विशेष तरह के कणों की पारस्परिक अदलाबदली से करते हैं जिन्हें **गाज बोसान(gauge bosons)** कहते हैं। इसका एक उदाहरण फोटॉन है जोकि प्रकाशऊर्जा का पैकेट है और **विद्युत-चुंबकिय बल (electromagnetic force)** का संवहन करता है।

ये मूलभूत कण विभिन्न तरह के संयोजनों(मिश्रणों) से अन्य कणों जैसे प्रोटॉन, न्यूट्रॉन तथा कण त्वरक में देखे गये हैं। सारे कणों के चिड़ियाघर का निर्माण करते हैं। यहाँ पर यह बताना भी आवश्यक है कि कणों के इन समूह में **प्रति कणों(anti-particles)** का भी समावेश है, जोकि अपने मूल कण के विपरीत होते हैं। कणों से **पदार्थ(matter)** बनता है और प्रतिकणों से **प्रतिपदार्थ(anti-matter)**।



पदार्थ का निर्माण क्वार्क कणों से होता है। क्वार्क के छह प्रकार हैं अप(up (u)), डाउन( down (d)), चार्म(charm (c)), स्ट्रेंज(strange (s)), टॉप( top (t)) तथा बॉटम(bottom (b))। इन सभी छह क्वार्कों के अपने अपने





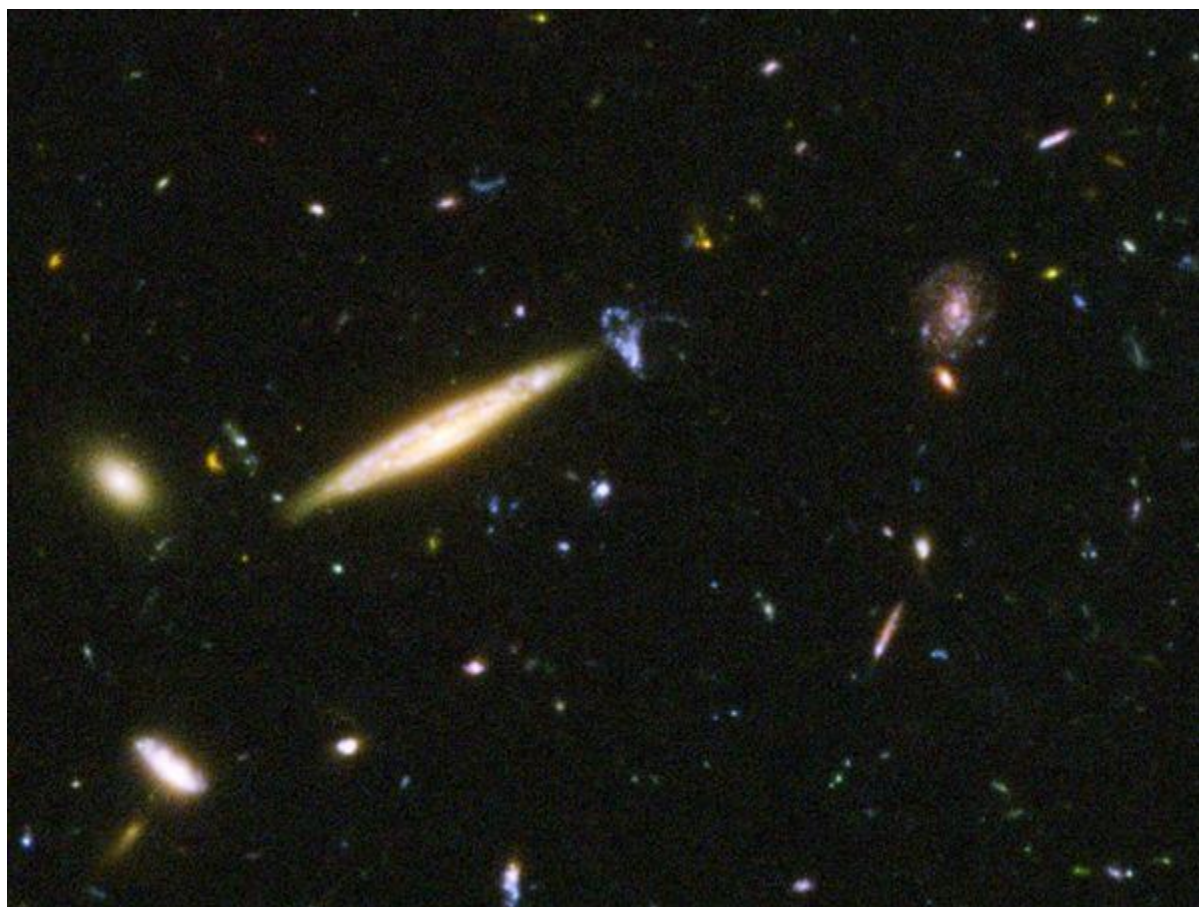
## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

प्रतिक्वार्क भी है जिन्हे हम उन्हे निर्देशित करने वाले अक्षर के उपर आड़ी रेखा से दर्शाते हैं। क्वार्क आपसे मे मिलकर भारी कण बनाते हैं जिन्हे **बार्यान(baryons)** कहते हैं। क्वार्क और प्रतिक्वार्क मिलकर अस्थायी **मेसान(mesons)** कण बनाते हैं। परमाणु केंद्रक का निर्माण करने वाले प्रोटान और न्युट्रान दोनो कण बार्यान हैं, जबकि धनात्मक और ऋणात्मक **केआन(Kaon)** मेसान के उदाहरण हैं।

वर्तमान मे स्टैंडर्ड माडेल एक ऐसा सिद्धांत है जो मूलभूत कणो और उनके मध्य मे होने वाली विभिन्न प्रतिक्रियाओं की व्याख्या करता है। कण भौतिकी इस माडेल की हर संभव उपाय से जांच करती है और यह जानने का प्रयास करती है कि कुछ रहस्य या अनजाने तथ्य छूट ना जायें। इस लेख मे आगे हम स्टैंडर्ड माडेल के गुणो की चर्चा करेंगे।

### हमारा ब्रह्माण्ड कैसा है?



हम संक्षेप मे ब्रह्माण्ड तथा उसके इतिहास को जानने का प्रयास करते हैं। यह माना जाता है कि ब्रह्माण्ड का जन्म एक **महाविस्फोट "Big Bang"** मे हुआ था, इस विस्फोट मे एक नन्हे से बिंदु से अत्याधिक ऊर्जा और तापमान उत्पन्न हुआ था। इस क्षण के पश्चात ब्रह्माण्ड का विस्तार अत्यंत तीव्र गति से हुआ, इसी दौरान कुछ ऊर्जा कण और



## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

प्रतिकण युग्म के रूप द्रव्यमान में परिवर्तित हो गयी। आइंस्टाइन के प्रसिद्ध समीकरण पर ध्यान दे  $E = mc^2$ । महाविस्फोट के एक सेकंड के अत्यंत लघु भाग के पश्चात विकिरण (शुद्ध ऊर्जा के फोटॉन) तथा क्वार्क, लेप्टॉन तथा गाज बोसान का मिश्रण ही अस्तित्व में था। अत्यधिक घनत्व वाले इस कालखंड में कण और प्रतिकण आपस में टकराकर ऊर्जा में परिवर्तित हो गये लेकिन किसी अज्ञात कारण से पदार्थ कणों का एक लघु भाग शेष रह गया। इसी शेष पदार्थ ने वर्तमान के ब्रह्माण्ड को आकार दिया है। इस क्षण के पश्चात भी ब्रह्माण्ड का तीव्र गति से विस्तार जारी था, **एक सेकंड के सौवें भाग** के पश्चात ब्रह्माण्ड शीतल हुआ, उसका तापमान **100 अरब डीग्री** था, इस तापमान पर क्वार्क आपस में जुड़कर प्रोटॉन और न्यूट्रॉन बनाने लगे, ये प्रोटॉन और न्यूट्रॉन, इलेक्ट्रॉन, न्यूट्रिनो और फोटॉन के साथ मिलकर एक प्लाज्मा अवस्था में थे। इस क्षण के पश्चात क्वार्क स्वतंत्र अवस्था में नहीं पाये जाते। तीन मिनट पश्चात तापमान कम होकर एक अरब डीग्री तक हो गया था, इस समय प्रोटॉन और न्यूट्रॉन मिलकर हल्के तत्व जैसे ड्यूटेरियम, हेलियम, लिथियम के नाभिक का निर्माण करने में सक्षम थे। इसके तीन लाख वर्ष पश्चात ब्रह्माण्ड इतना शीतल हो गया था कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के साथ झुड़कर हल्के तत्वों के परमाणुओं का निर्माण करने लगे थे। मुक्त फोटॉन और न्यूट्रिनो तब से लेकर अब तक ब्रह्माण्ड में मुक्त विचरण कर रहे हैं और अब भी आकाशागंगा, तारों और हमारे अपने परमाणुओं से टकराते रहते हैं।

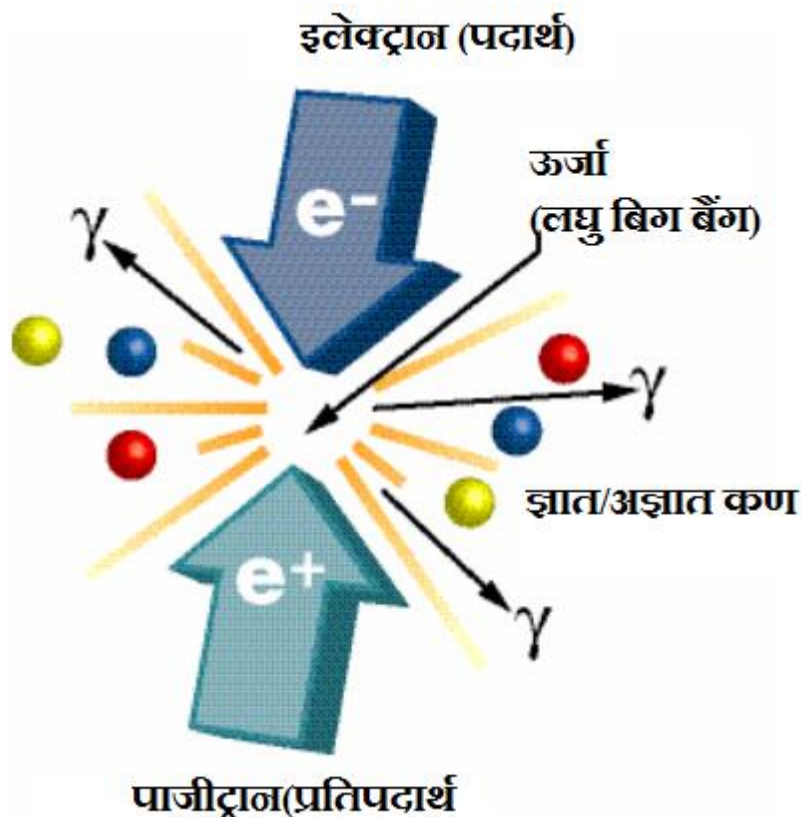
इस तरह से हम देखते हैं कि ब्रह्माण्ड के विकास को समझने के लिये हमें मूलभूत कणों, क्वार्क, लेप्टॉन तथा गाज बोसानों के व्यवहार को समझना होगा। ये सभी मिलकर हमारे द्वारा जाने गये सभी पदार्थ का निर्माण करते हैं।

इसके बाहर ब्रह्माण्ड ने दो रहस्यों को अभी तक हम से छुपाये रखा है, वे हैं **श्याम पदार्थ (Dark Matter)** और **श्याम ऊर्जा (Dark Energy)**। हम जो भी पदार्थ देख पाते (तारे, आकाशागंगा इत्यादि) हैं वह आकाशागंगाओं या आकाशगंगा समूहों के निरीक्षित गुरुत्वीय व्यवहार की व्याख्या करने में समर्थ नहीं हैं। किसी रहस्यपूर्ण श्याम पदार्थ की उपस्थिति अनिवार्य है। आगे हम देखेंगे कि कुछ नये प्रकार के कण श्याम पदार्थ के व्यवहार की व्याख्या करने में कैसे सक्षम हो सकते हैं। हाल ही के कुछ निरीक्षणों से पता चला है कि ब्रह्माण्ड के विस्तार की गति कम होने की बजाय तीव्र होते जा रही है, जोकि किसी रहस्यपूर्ण श्याम ऊर्जा के फलस्वरूप है। शायद कोई प्रतिक्रिया (अज्ञात बल) इसके लिये उत्तरदायी है।

### क्वार्क स्वतंत्र अवस्था में नहीं पाये जाते तो उनका अध्ययन कैसे होता है?

वर्तमान में हम महाविस्फोट के जैसे ही स्थिति (अत्यधिक तापमान) उत्पन्न करने में सक्षम हैं, जिसमें हम क्वार्क-प्रतिक्वार्क युग्म उत्पन्न कर सकते हैं। यह प्रक्रिया ऊर्जा को पदार्थ में परिवर्तित करती है। संतुलन के लिये इस प्रक्रिया में क्वार्क और प्रतिक्वार्क हमेशा युग्म में बनते हैं।

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास



यहाँ पर उच्च ऊर्जा वाले कण त्वरक (particle accelerator) चित्र में आते हैं। जब उच्च ऊर्जा वाले कण और प्रतिकण एक दूसरे से आमने सामने टकराते हैं, इस लघु बिग बैंग में शुद्ध ऊर्जा निर्मित होती है, कण और प्रतिकण एक दूसरे को विनष्ट करते हुये ऊर्जा रूप में लुप्त हो जाते हैं। यह ऊर्जा मूलभूत कणों के युग्म के रूप में पुनः प्रकट होने के लिये स्वतंत्र होती है, जैसे क्वार्क-प्रतिक्वार्क युग्म या इलेक्ट्रान-पाजीट्रान युग्म इत्यादि। इस समय इलेक्ट्रान और पाजीट्रान को भिन्न कणों के रूप में देखा जा सकता है। लेकिन क्वार्क और प्रतिक्वार्क किसी डोर के दो सिरों की तरह व्यवहार करते हैं, आप उसे मध्य से काट सकते हैं तो आपको दो सिरों वाली दो भिन्न डोर मिलेगी, लेकिन आप किसी तरह से भी एक सिरों वाली दो डोर प्राप्त नहीं कर सकते। **स्वतंत्र क्वार्क का निरीक्षण नहीं किया जा सकता।**

जब कणों के इस आमने सामने के टकराव में क्वार्क-प्रतिक्वार्क युग्म उत्पन्न होते हैं, क्वार्क और प्रतिक्वार्क विपरीत दिशाओं में उस समय तक गतिमान रहते हैं जब तक उनके मध्य की डोर टूट नहीं जाती और इस युग्म में से प्रत्येक क्वार्क अपने लिये नया साथी खोज लेता है। इस तरह हमारे निरीक्षण में मेसान कण दिखायी देता है जोकि क्वार्क और प्रति क्वार्क से बना होता है। यदि इस प्रतिक्रिया में अधिक अतिरिक्त ऊर्जा बची है तो क्वार्क और प्रतिक्वार्क से बड़े और भारी कण जैसे प्रोटान, न्यूट्रान तथा अन्य भारी बार्योन कण बन सकते हैं। इन सारी प्रक्रिया में मेसान और बार्योन दोनों वर्गों के ढेरों प्रकार के कण बनते हैं जिन्हें हमने लेख के प्रारंभ में कणों का चिड़ियाघर कहा था।

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

हमने यह पाया है कि क्वार्कों के अध्ययन के लिये उन्हें अत्यधिक ऊर्जा वाले टकराव में निर्मित करना होगा, लेकिन वे हमें मेसान या बर्योन कणों के रूप में ही दिखायी देंगे, स्वतंत्र कण के रूप में नहीं। इन क्वार्कों के गुणधर्मों को हमें इन मेसान और बर्योन कणों के क्षय के दौरान होने वाली प्रतिक्रियाओं के अध्ययन से अप्रत्यक्ष रूप से ही समझाना होगा।

### स्टैंडर्ड माडेल(Standard Model)

कण भौतिक वैज्ञानिक अब मानते हैं कि वे सभी ज्ञात परमाण्विक कणों के व्यवहार की व्याख्या एक अकेले सैद्धांतिक फ्रेमवर्क **स्टैंडर्ड माडेल(Standard Model)** से कर सकते हैं, जिसमें क्वार्क तथा लेप्टान के साथ उनके मध्य प्रतिक्रिया करने वाले मजबूत नाभिकिय, कमजोर नाभिकिय तथा विद्युत चुंबकिय बलों का समावेश है। इस स्टैंडर्ड माडेल में **गुरुत्वाकर्षण बल(Gravity)** का समावेश नहीं है।

स्टैंडर्ड माडेल कई दशकों के अंतराष्ट्रीय प्रयासों का परिणाम है, जिसमें प्रयोग, सैद्धांतिक धारणाओं और चर्चाओं का समावेश है। स्टैंडर्ड माडेल का संक्षेप इस प्रकार है:

ब्रह्माण्ड में उपस्थित समस्त पदार्थ क्वार्क तथा लेप्टान से निर्मित है तथा मूलभूत बलों द्वारा बंधा हुआ है जोकि अपनी आपसी प्रतिक्रिया गाज बोसान वर्ग के बलवाहक कणों की अदलाबदली से व्यक्त करते हैं।

स्टैंडर्ड माडेल का सभी मूलभूत कणों के गुणधर्मों के लिये दिशानिर्देशक तत्व **सममिति(Symmetry)** की अवधारणा रही है। प्रकृति के अधिकतर नियम विभिन्न सममितियों द्वारा संचालित होते आये हैं, इसलिये माना जाता है कि स्टैंडर्ड माडेल भी सममिति संचालित होना चाहिये।

### क्वार्क

प्रयोगों के दौरान पाया गया था कि बर्योन और मेसान को कुछ विशिष्ट परिवारों में वर्गीकृत किया जा सकता था, इससे क्वार्कों के गुणधर्मों में सममिति की अवधारणा की आवश्यकता महसूस हुयी। 1964 में सैद्धांतिक भौतिकी वैज्ञानिक गेलमैन तथा जिग ने स्वतंत्र रूप से प्रस्तावित किया कि तीन मूलभूत कणों (तथा उनके प्रतिकण) को भिन्न तरह से सम्मिलित कर बने कणों से गणितिय सममिति के नियमों के आधार पर कणों के इस संपूर्ण चिडियाघर की व्याख्या संभव है। गेलमैन ने इन कणों को क्वार्क नाम दिया और उनके प्रकारों का नामकरण अप, डाउन और स्ट्रेंज किया। प्रोटान और न्यूट्रान के क्वार्कों के जैसे घटकों के प्रमाण 1960 तथा 1970 के दशक में मिलने लगे थे। 1974 में अप्रत्याशित रूप से SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) में एक कण **J/Psi** की खोज हुयी। इसे यह नाम इसलिये दिया गया क्योंकि इसकी खोज एक साथ दो वैज्ञानिक समूहों ने की थी। बाद में पाया गया कि

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

J/Psi एक पूर्णतः भिन्न क्वार्क-प्रतिक्वार्क युग्म से निर्मित है और यह युग्म उस समय तक के स्थापित अवधारणा पर खरा नहीं उतरता था। नये चौथे क्वार्क का नाम चार्म(charm) रखा गया। हम इस लेख में इन क्वार्कों के विचित्र नामों पर चर्चा नहीं करेंगे।

चार क्वार्कों का यह समूह छः क्वार्कों के समूह में सैद्धांतिक वैज्ञानिकों **काब्योबो(Cabbibo)**, **कोबायाशी(Kobayashi)** तथा **मास्कावा(Maskawa)** के सैद्धांतिक पूर्वानुमान के आधार से विस्तारित हो गया। इन तीन वैज्ञानिकों को एकसाथ CKM के नाम से भी जाना जाता है। अब हमारे पास छह तरह के क्वार्क, **अप**, **डाउन**, **स्ट्रेंज**, **चार्म**, **टाप** तथा **बाटम**, और छह प्रतिक्वार्क हैं। इन क्वार्कों को सामान्यतः u, d, s, c, b तथा t से निर्देशित किया जाता है। ये क्वार्क भिन्न भिन्न संयोजन में अब तक निरीक्षित सभी तरह के मेसान तथा भार्यों को बनाते हैं। छह क्वार्क की भविष्यवाणी उस समय पूरी हो गयी जब 1977 में एक मेसान **अप्सीलान(Upsilon)** को फ़र्मिलैब(Fermilab) में खोज निकाला गया, बाद में पाया गया कि यह बाटम तथा प्रति-बाटम क्वार्क से बना हुआ है। 1983 में **कार्नेल(Cornell)** के **CLEO** प्रयोग में **B मेसान** की खोज हुयी जोकि एक प्रति बाटम क्वार्क तथा एक अप या डाउन क्वार्क से बना हुआ था। अंत में 1998 में फ़र्मिलैब में ही सबसे ज्यादा द्रव्यमान वाले टाप क्वार्क को खोज निकाला गया।

### लेप्टान

अब आते हैं हम लेप्टान पर, 1960 से पहले तीन लेप्टान अर्थात **इलेक्ट्रान**, **म्युआन(muon)** तथा **न्यूट्रिनो(neutrino)** ही ज्ञात थे। ये सभी मेसान तथा भार्यों से भिन्न व्यवहार करते हैं। सर्वप्रथम उनका द्रव्यमान अत्यंत कम होता है। किसी इलेक्ट्रान का द्रव्यमान प्रोटान की तुलना में 2000 गुणा कम होता है। म्युआन हर प्रकार से इलेक्ट्रान जैसा है लेकिन द्रव्यमान अधिक है अर्थात प्रोटान के द्रव्यमान का नौवा भाग है। न्यूट्रिनो का द्रव्यमान नगण्य होता है और अभी हाल तक उसे शून्य माना जाता था। **लेप्टान शब्द का अर्थ है कम द्रव्यमान वाले कण।** लेप्टान कणों के संबंध में दूसरी बात यह है कि इलेक्ट्रान और म्युआन अपने ऋण विद्युत आवेश से प्रतिक्रिया करते हैं जबकि न्यूट्रिनो का कोई विद्युत आवेश नहीं होता है। ये सभी कण नाभिक में स्थित कणों(quark) से कमजोर नाभिकिय बल के द्वारा प्रतिक्रिया करते हैं। अत्याधिक ऊर्जा वाले टकरावों में लेप्टान कण प्रोटान/न्यूट्रान के जैसे मेसान तथा भार्यों का निर्माण नहीं करते हैं। 1962 में अत्याधिक ऊर्जा वाली न्यूट्रिनो की धारा के प्रथम प्रयोग में पाया गया कि इलेक्ट्रान का अपना **इलेक्ट्रान-न्यूट्रिनो(electron-neutrino)** तथा म्युआन का अपना **म्युआन-न्यूट्रिनो(muon-neutrino)** होता है। यह एक ऐसा पहला प्रमाण था जो बता रहा था कि मूलभूत कणों के **परिवार(families)** या **पीढ़ियाँ(generations)** हो सकती हैं। इस विचार को उस समय और बल मिला जब 1974 में **J/Psi** की खोज के तुरंत पश्चात एक भारी द्रव्यमान वाले लेप्टान **टाउ(tau)** की खोज हुयी जोकि प्रोटान से दुगुणा भारी था लेकिन लेप्टान के



## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

लेकिन एक मूलभूत प्रश्न अभी तक अनुत्तरित है कि, क्यों क्वार्क और लेप्टान भिन्न आवेश और भिन्न प्रतिक्रिया वाला व्यवहार रखते हैं? इन कणों की तीन पीढ़ियाँ क्यों हैं और इनके द्रव्यमान इतने भिन्न भिन्न क्यों हैं?

### बल और प्रतिक्रियायें

अब हम क्वार्कों और लेप्टानों के मध्य मूलभूत बल या आपसी प्रतिक्रियाओं पर चर्चा करेंगे। ये आपसी प्रतिक्रियायें हैं, कमजोर नाभिकिय बल, मजबूत नाभिकियबल, विद्युत चुंबकिय बल तथा गुरुत्वाकर्षण। इनमे से समस्त विश्व विद्युत चुंबकिय बल तथा गुरुत्वाकर्षण से संचालित होता है। मजबूत नाभिकियबल क्वार्कों को बांधकर रखता है तथा प्रोटान और न्यूट्रान को नाभिक मे कसे रखता है। कमजोर नाभिकियबल अस्थिर नाभिक के क्षय के फलस्वरूप रेडियोसक्रियता के लिये उत्तरदायी है तथा न्यूट्रीनो तथा अन्य लेप्टानो के द्वारा पदार्थ के साथ आपसी प्रतिक्रिया करवाता है।

इन सभी बलों की अन्तर्भूत शक्ति को मजबूत नाभिकिय बल की तुलना मे मापा जाता है, उसके बल को 1 इकाई माना जाता है। विद्युत चुंबकीय बल की अन्तर्भूत शक्ति  $1/37$  जबकि कमजोर नाभिकिय बल मजबूत नाभिकिय बल से अरबो गुणा कमजोर है। गुरुत्वाकर्षण सबसे कमजोर बल है। यह आश्चर्यजनक है क्योंकि गुरुत्वाकर्षण इतना शक्तिशाली है कि पृथ्वी और अन्य ग्रहो को सूर्य की कक्षा मे बांधे रखता है। लेकिन हम जानते हैं कि दो पिंडो के मध्य गुरुत्वाकर्षण बल जो  $r$  दूरी पर हो वह उनके द्रव्यमान( $M$  तथा  $m$ ) के गुणनफल के समानुपात तथा दूरी के वर्ग के विलोमानुपात मे होता है।

$$F_G = GMm/r^2$$

अब हम अन्तर्भूत शक्ति का अर्थ जानते हैं। इसे सार्वत्रिक बल नियतांक के परिमाण से दर्शाया जाता है जोकि इस उदाहरण मे  $G$  है जोकि द्रव्यमान तथा दूरी पर निर्भर नहीं है। इसी तरह से दो कणो के मध्य विद्युत चुंबकीय बल उनके आवेशो( $Q, q$ ) के गुणनफल के समानुपात मे तथा उनके मध्य की दूरी ( $r$ ) के वर्ग के विलोमानुपात मे होता है।

$$F_{em} = \alpha Qq/r^2$$

इस समीकरण मे **सार्वत्रिक स्थिरांक अल्फा( $\alpha$ )** अन्तर्भूत शक्ति दर्शाता है।

हम इकाई आवेश वाले दो प्रोटानो के मध्य विद्युत चुंबकीय प्रतिकर्षण तथा गुरुत्वाकर्षण की सापेक्ष अन्तर्भूत शक्ति की उपर दिये समीकरणो के प्रयोग से तुलना कर सकते हैं। इस तुलना मे दूरी कितनी भी रखें लेकिन अनुपात हमेशा  $10^{36}$  मिलता है। इस तरह से दो प्रोटान हमेशा एक दूसरे से दूर जायेंगे, उनपर गुरुत्वाकर्षण बल का कभी कोई प्रभाव नही पड़ेगा क्योंकि दोनो के मध्य विद्युत चुंबकीय बल गुरुत्वाकर्षण बल पर भारी पड़ेगा।



## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

हमने पहले ही चर्चा कि है बलों को विशेष तरह के कणों के आपसी आदानप्रदान से भी दर्शाया जा सकता है जिन्हें गाज बोसान कहते हैं और वे **बल क्षेत्र(force Field)** के क्वांटा होते हैं। क्वांटा अर्थात ऊर्जा के पैकेट! जिस तरह से फोटॉन वास्तविक होते हैं, अर्थात प्रकाश के क्वांटा होते हैं, इन्हें आवेशित कणों के त्वरण तथा मंदन से प्राप्त किया जा सकता है, अन्य गाज बोसान को भी वास्तविक कणों के जैसे निर्मित तथा निरीक्षित किया जा सकता है। सभी बोसानों का स्पिन शून्य या पूर्णांक होता है।

बल	सापेक्ष क्षमता	गाज बोसान	द्रव्यमान प्रोटॉन के सापेक्ष	आवेश	स्पिन
मजबूत नाभिकीय	1	ग्लूऑन ( $g$ )	0	0	1
विद्युत चुंबकीय	1/137	फोटॉन ( $\gamma$ )	0	0	1
कमजोर नाभिकीय	$10^{-9}$	$W^\pm, Z$	86, 97	$\pm 1, 0$	1
गुरुत्वाकर्षण	$10^{-38}$	ग्रेविटॉन ( $G$ )	0	0	2

मजबूत नाभिकीय बल के वाहक कण को **ग्लूऑन** कहा जाता है क्योंकि यह गोंद के जैसे क्वार्कों को प्रोटॉन और न्यूट्रॉन में बांधे रखता है इसके अतिरिक्त यह प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन को नाभिक में बांधे रखता है। कमजोर नाभिकीय बल के वाहक कण तीन प्रकार के हैं और इन्हें कमजोर बोसान कहते हैं:  $W^\pm$  तथा  $Z^0$ । गुरुत्विय बल का वाहक कण **ग्रेविटॉन** कहलाता है और यह विशेष रूप से 2 स्पिन का अकेला कण है।

### एकीकरण

एक सार्वत्रिक सिद्धांत जिसके अनुसार ब्रह्माण्ड की हर प्रक्रिया को समझाया जा सके की खोज जारी है, इस के लिये चार बल बहुत अधिक हैं। केवल एक ही सार्वत्रिक बल क्यों नहीं है? दशकों से वैज्ञानिक इन चारों बलों के एक ऐसे एकीकृत बल स्वरूप की खोज में लगे हैं जोकि कम से कम ब्रह्मांड के जन्म के समय और अगले कुछ क्षणों तक उपस्थित था। ब्रह्माण्ड की ऐसी तस्वीर में वर्तमान में उपस्थित चारों बल उसी वास्तविक एकमात्र बल के अवतार हैं। हमें ध्यान रखना चाहिये कि हमारा अस्तित्व इन चारों बलों के भिन्न होने से ही संभव है। यदि गुरुत्वाकर्षण इतना कमजोर नहीं होता तब इतनी सारी आकाशगंगाओं, ग्रहों, तारों की जगह एक **महाकाय श्याम विवर (massive black hole)** होता। यदि विद्युत चुंबकीय बल का मजबूत नाभिकीय बल के साथ एक नाजुक संतुलन नहीं होता तो नाभिक बिखर जाता, कोई परमाणु या अणु बन ही नहीं पाता, जिससे ना तो रसायन बनते, ना ही जीवन उत्पन्न होता। कमजोर नाभिकीय बल के बीना सूर्य के जैसे धीमे जलने वाले तारों का अस्तित्व नहीं होता, लोहे से भारी सभी तत्वों



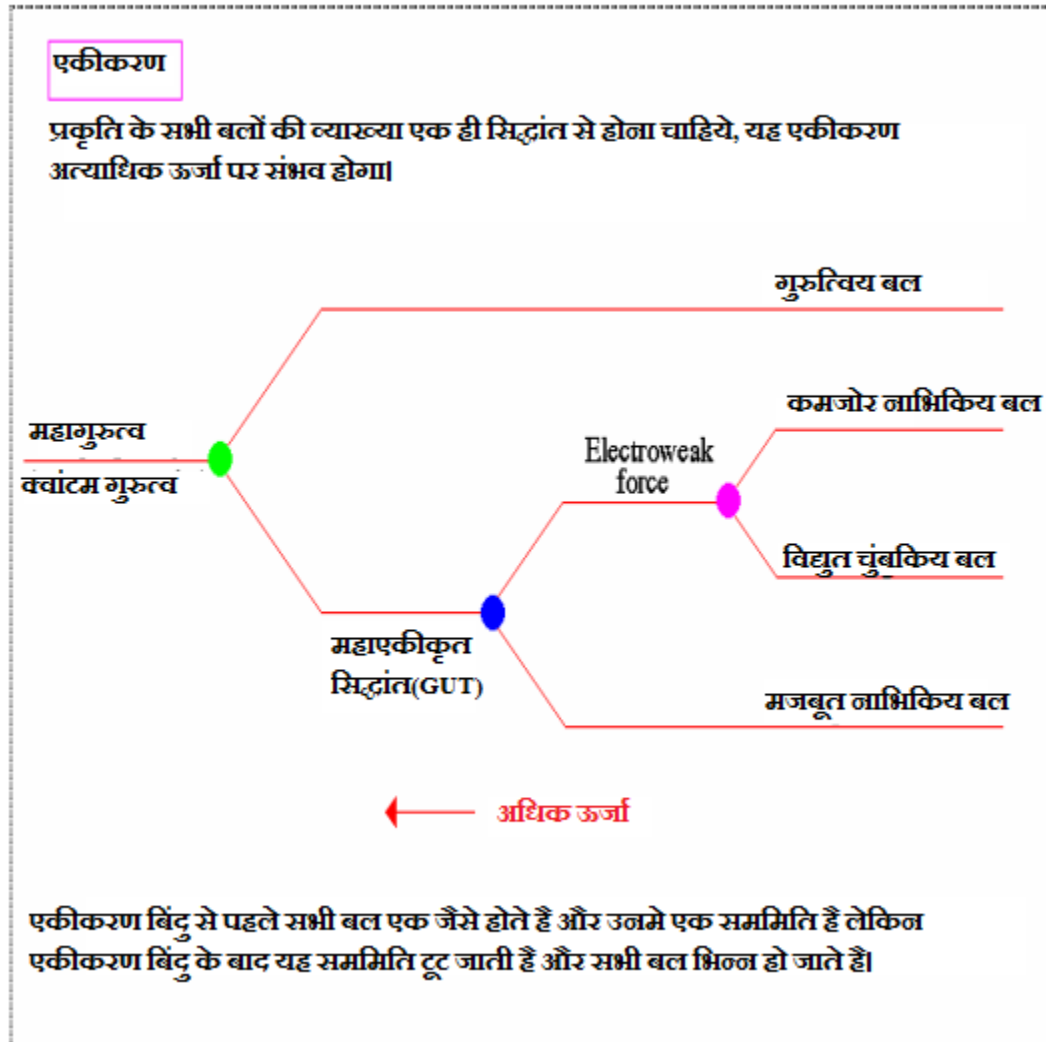
## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

को बनाने वाला सुपरनोवा विस्फोट नहीं हो पाता क्योंकि इसके लिये सही मात्रा न्यूट्रिनो द्वारा उत्पन्न प्रतिक्रिया चाहिये, इन सबके साथ पृथ्वी के गर्भ में जारी रेडियोसक्रिय प्रक्रिया से पृथ्वी का तापमान इतना उष्ण है कि पृथ्वी पर उन्नत जीवन संभव है।

यह भी संतोषजनक नहीं है कि चार बलों की व्याख्या के लिये चार भिन्न सिद्धांत हो। कणों के मध्य के विद्युत-चुंबकीय प्रक्रिया की व्याख्या **क्वांटम इलेक्ट्रोडायनेमिक्स(QED)** अवधारणा से की जा सकती है। कमजोर नाभिकिय प्रतिक्रिया के लिये एक भिन्न सिद्धांत है लेकिन अब उसे विद्युत चुंबकीय बल से जोड़ कर एक नया इलेक्ट्रोवीक सिद्धांत बन चुका है। क्वार्क तथा ग्लुऑन के मध्य की मजबूत नाभिकिय प्रतिक्रिया के सिद्धांत को **क्वांटम क्रोमोडायनेमिक्स (QCD)** कहा जाता है, जिसमें विद्युत आवेश के जैसे एक **रंग(color)** आवेश होता है। आइंस्टाइन का साधारण सापेक्षतावाद का सिद्धांत गुरुत्वाकर्षण की व्याख्या करता है जिसमें सारी घटनाएँ **दिक्-काल(SpcaeTime)** में होती हैं।

जिस तरह से **मैक्सवेल(Maxwell)** ने दर्शाया था कि विद्युत और चुंबकत्व दो भिन्न बल ना होकर विद्युत-चुंबकत्व के दो भिन्न रूप हैं, उसी तरह से **ग्लाशो(Glashow), सलाम(Salam) तथा वेनबर्ग(Weinberg) की इलेक्ट्रोवीक अवधारणा(Electronweak Theory)** ने कमजोर नाभिकिय बल और विद्युत चुंबकीय बल को एक ही बल **इलेक्ट्रोवीक(Electroweak)** बल प्रमाणित किया था जिसके लिये उनके 1979 का नोबेल पुरस्कार मिला था। इसके पहले जब हमने विभिन्न बलों की अंतर्भूत शक्ति की चर्चा की थी तब हमने यह नहीं बताया था कि यह शक्ति तापमान या प्रक्रिया के ऊर्जा स्तर पर भी निर्भर करता है। वर्तमान तापमान (300K या 1/40 eV) पर यह शक्ति पूरी तरह से भिन्न है लेकिन कमजोर नाभिकिय बल ऊर्जा स्तर पर पूरी तरह से निर्भर करता है, तथा 1000GeV पर यह विद्युत चुंबकीय बल के जैसे शक्तिशाली हो जाता है। स्टैंडर्ड माडेल का इलेक्ट्रोवीक सिद्धांत इसकी सफल व्याख्या करता है। इस तापमान पर कमजोर नाभिकिय बल और विद्युत चुंबकीय बल दोनों के मूल समीकरण एक सममिति का पालन करते हैं और सभी क्वांटा का द्रव्यमान शून्य होता है। लेकिन जैसे ही तापमान कम होता है यह सममिति टूट जाती है तथा क्वांटा टूटकर चार भिन्न द्रव्यमान वाले गाज बोसान में परिवर्तित हो जाते हैं: ये चार गाज बोसान हैं  $W^+$  तथा  $W^-$  (दोनों का द्रव्यमान 80 GeV),  $Z^0$  (द्रव्यमान 91 GeV) तथा फोटॉन  $\gamma$  (0 द्रव्यमान)। सामान्य कमरे के तापमान पर भारी W तथा Z बोसान का कोई रोल नहीं होता है लेकिन अत्याधिक ऊर्जा स्तर पर जैसे 300 GeV और अधिक पर शून्य द्रव्यमान वाले फोटॉन तथा भारी W तथा Z बोसान के मध्य अंतर मिट जाता है और सभी पूरी शक्ति से प्रतिक्रिया करते हैं। CERN प्रयोगशाला जिनेवा में 1983 में W बोसान तथा 1984 में Z बोसान प्रोटॉनों के अत्याधिक ऊर्जा पर टकराव में खोजा गया था, उनका द्रव्यमान अनुमान के अनुसार था। स्टैंडर्ड माडेल की पुष्टि हो रही थी।

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास



इस पहली का एक टुकड़ा अभी भी परेशान कर रहा था। हमने अभी देखा कि इलेक्ट्रोविक सिद्धांत की सममिति तापमान के कम होने पर टूट जाती है तथा बलों में बिखराव प्रारंभ होता है और बोसान द्रव्यमान प्राप्त करना प्रारंभ करते हैं। लेकिन बोसान में द्रव्यमान आता कहाँ से है ? पीटर हिग्स के अनुसार इसका कारण हिग्स क्षेत्र है। इस की प्रक्रिया को समझना आसान है। यहाँ पर हमें यह ध्यान रखना होगा कि द्रव्यमान को हम जड़त्व का एक रूप या त्वरण के लिये प्रतिरोध मानते हैं। यदि एक हिग्स क्षेत्र ब्रह्माण्ड के शीतल होने के साथ सारे ब्रह्माण्ड में व्याप्त हो जाता है, तो वह सभी कणों की गति में एक प्रतिरोध उत्पन्न करेगा, इस प्रतिरोध की मात्रा उस कण द्वारा हिग्स क्षेत्र से प्रतिक्रिया की मात्रा पर निर्भर करेगी। यह प्रतिरोध ही जड़त्व है जिसे हम वास्तविकता में द्रव्यमान हीन कणों के द्रव्यमान के रूप में माप सकते हैं। यदि आप एक खाली कप में चम्मच घुमायेंगे तो वह आसानी से बिना किसी प्रतिरोध के घुमेगी, लेकिन उसी कप में पानी डालने के बाद चम्मच घुमाने पर पानी से प्रतिरोध

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

उत्पन्न होगा और चम्मच आसानी से नहीं घुमेगी। कण भौतिकी में आप कणों को इस चम्मच के रूप में , तथा पानी को आप हिग्स क्षेत्र के रूप में मान सकते हैं।

इस हिग्स क्षेत्र के बलवाहक बोसान की खोज एक बड़ी चुनौती थी, इसे खोज पाना अत्यंत कठिन था लेकिन 2012 में इसे भी CERN में खोज लिया गया और स्टैंडर्ड माडेल पूर्ण हुआ। इसका द्रव्यमान 125 GeV -127 GeV पाया गया है।

### स्टैंडर्ड माडेल से आगे

इलेक्ट्रोवीक बल तथा मजबूत नाभिकीय बल के एकीकरण के लिये प्रस्तावित सिद्धांत को **महाएकीकरण सिद्धांत** ("Grand Unification Theories" या GUTs) कहा गया है। लेकिन अभी तक इस सिद्धांत के लिये कोई प्रमाण नहीं मिले हैं। इसके पश्चात सबसे कठिन है गुरुत्वाकर्षण बल का अन्य तीन बलों के साथ एकीकरण। आइंस्टाइन ने इस एकीकरण के लिये काफी प्रयास किये लेकिन असफल रहे, वे क्वांटम सिद्धांत में गुरुत्वाकर्षण के लिये जगह नहीं बना पाये।

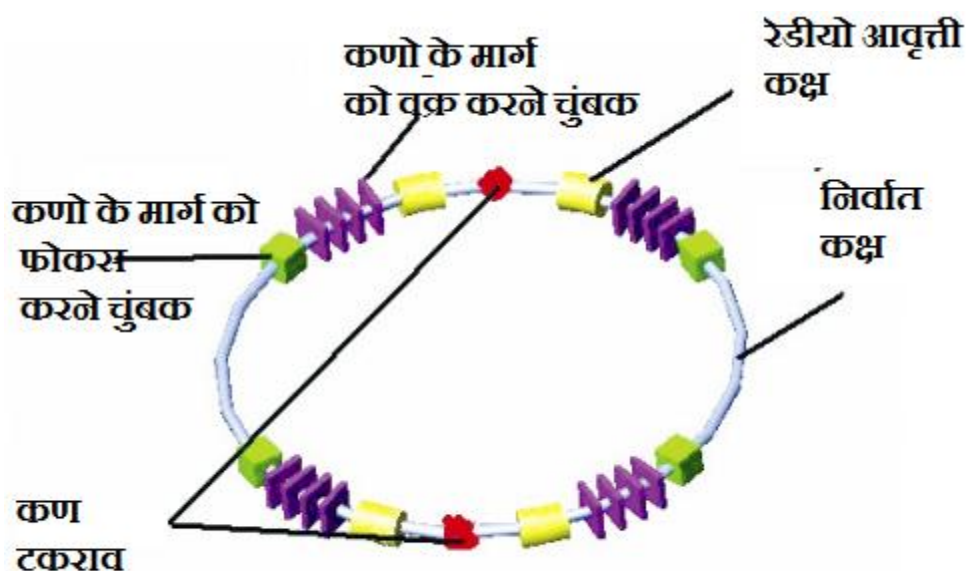
महासममिति का सिद्धांत कुछ अनसुलझे प्रश्नों का उत्तर देने का प्रयास करता है, इसके अनुसार हर कण का एक जोड़ीदार भारी कण है। यदि यह सिद्धांत सत्य है उस स्थिति में स्टैंडर्ड माडेल में ढेर सारे नये कण चाहिये होंगे, जिसमें हर क्वार्क, लेप्टान तथा गाज बोसान का एक जोड़ीदार भारी कण चाहिये होगा। ये सभी कण मिलकर एक महाकाय कणों का विशाल कुटुंब बनायेंगे। इस सिद्धांत के अनुसार मजबूत नाभिकीय बल, विद्युत चुंबकीय बल तथा कमजोर नाभिकीय बल किसी अत्याधिक ऊर्जा बिंदु पर समान शक्ति रखेंगे। लेकिन इस सिद्धांत की पुष्टी और प्रमाणन के लिये ढेर सारे नये कणों की खोज की आवश्यकता है। यह भी संभव है कि इनमें से कोई सुपर कण महाविस्फोट के अवशेष के रूप में अभी तक शेष हो और वर्तमान में **श्याम पदार्थ (Dark Matter)** का रूप धारण किये हो और यदि यह सत्य है तो ना केवल स्टैंडर्ड माडेल पूरा हो जायेगा साथ ही में श्याम पदार्थ का रहस्य बोनस में हल हो जायेगा।

वर्तमान में सारे सिद्धांतों के एकीकरण करने वाले **सर्व सिद्धांत (Theory Of Everything (TOE))** की खोज जारी है। इन सिद्धांतों में प्रमुख है **स्ट्रिंग सिद्धांत (String Theory)**, जिसके अनुसार कण एक तंतु के जैसे होते हैं जो कि 10 आयामों में तरंगित होते रहते हैं। स्ट्रिंग सिद्धांत के एक स्वरूप **M सिद्धांत** के अनुसार समस्त ब्रह्माण्ड एक बहु आयामी पर्दे के रूप में है जिसमें सभी कण तंतुओं के एक वलय के रूप में हमारे पर्दे पर हैं तथा ग्रेविटान इन सभी पर्दों के मध्य गतिमान रहता है। इस सिद्धांत के पूर्वानुमानों की प्रायोगिक जांच शेष है।

# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

## कण भौतिकी प्रायोगिक जांच

भौतिकी के इतिहास में प्रायोगिक खोज और सैद्धांतिक अवधारणाओं ने एक साथ कदम बढ़ाये हैं, कभी कभी एक दूसरे से आगे पीछे भी होते रहे हैं, लेकिन दोनों एक दूसरे के लिये प्रेरणा स्रोत रहे हैं। **रदफोर्ड** के अल्फा कणों के स्वर्ण झिल्ली पर टकराने के छोटे से उपकरण अब कई किलोमीटर व्यास वाले महाकाय कण त्वरक में बदल चुके हैं, जिनमें महंगे तथा विशालकाय उपकरण जमीन के नीचे दसियों किलोमीटर लंबी सुरंगों में लगे हुये हैं। इन महाकाय त्वरकों में प्रोटॉन, प्रति प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन तथा पाजीट्रॉन जैसे कणों को प्रकाशगति तुल्य गति प्रदान कर उन्हें एक दूसरे से आमने सामने (head-on collisions) या किसी स्थिर लक्ष्य (stationary target) से टकराया जाता है।



वैज्ञानिक अब अपने अनुसंधान के लिये उच्च और उच्चतर ऊर्जा वाले टकराव का प्रयास कर रहे हैं। एक नये भारी कण युग्म के निर्माण और उन्हें भिन्न दिशाओं में जाते निरीक्षण करने के लिये, उन दोनों कणों के द्रव्यमान से कहीं ज्यादा ऊर्जा चाहिये होती है।

$E_{\text{collision}} > 2m_x c^2$  उच्च ऊर्जा की आवश्यकता छोटे पैमाने के अज्ञात कणों की और ज्यादा गहराई से अध्ययन करने लिये भी होती है। यह छोटे क्रिस्टल की संरचना के अध्ययन के लिये अधिक ऊर्जा वाली X किरणों के प्रयोग के जैसे है। दूसरी ओर दुर्लभ घटनाओं के निरीक्षण के लिये भी कणों की धारा की तीव्रता और कणों के टकराने की दर को बढ़ाना आवश्यक हो जाता है। इसीलिये वर्तमान कण त्वरकों में दो समांतर पथ में डीजाइन किये जाते हैं, जो उच्चतर ऊर्जा तथा उच्चतर तीव्रता प्रदान करते हैं।

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

कणों के टकराव के निरीक्षण और परिणामों के विश्लेषण ले लिये **कण जांच उपकरण (particle detectors)** का निर्माण भी आवश्यक होता है जो टकराव के बाद निर्मित और नैनोसेकंड में अदृश्य हो जाने वाले कणों को देख सकें। ये कण जांच उपकरण भिन्न भिन्न तरह के जटिल उपकरणों और इलेक्ट्रॉनिक्स से निर्मित होते हैं, इसके निर्माण के लिये भिन्न भिन्न क्षेत्रों के विशेषज्ञों की आवश्यकता होती है। टकराव वाले प्रयोगों में टकराव बिंदु को विशालकाय **कण जांचक (particle detectors)** उपकरणों से घेर दिया जाता है जहाँ पर उच्च ऊर्जा वाले कण/प्रतिकण आमने सामने टकराते हैं।

सामान्यतः अधिकतर टकराव वाले कण त्वरकों में **इलेक्ट्रॉन-पोजीट्रॉन, प्रोटॉन प्रतिप्रोटॉन** का टकराव होता है तथा टकराव के पास विशालकाय कण जांच उपकरण (particle detectors) लगे होते हैं।

अन्य उपकरणों में स्थिर लक्ष्य के साथ कणों की एक सघन धारा के टकराव का अध्ययन किया जाता है। इन प्रयोगों में उच्च ऊर्जा वाले **न्यूट्रिनो** की **सघन धारा (Dense Stream)** तथा विशाल **जांच उपकरणों (Detectors)** का प्रयोग होता है जिसमें न्यूट्रिनो की प्रतिक्रिया का अध्ययन हो सके। अधिकतर प्रयोग एक तरह के **न्यूट्रिनो (म्युऑन न्यूट्रिनो)** के दूसरे तरह के **न्यूट्रिनो (उदा. टाउ न्यूट्रिनो)** में परिवर्तन का अध्ययन करते हैं। दशकों तक चले इन सभी प्रयोगों के प्रमाणों से और सटीकतम जांच से अब यह लगभग तय हो गया है कि न्यूट्रिनो का द्रव्यमान (नगण्य ही सही) होता है। महाविस्फोट के तुरंत पश्चात बने न्यूट्रिनो आज सारे ब्रह्माण्ड में छाये हुये हैं और उनका नगण्य द्रव्यमान भी श्याम पदार्थ की व्याख्या कर सकता है।

कण त्वरकों के निर्माण की कला और विज्ञान दोनों तकनीक के विकास पर निर्भर हैं। **ठोस अवस्था वाली इलेक्ट्रॉनिक्स (Solid State Electronics), सुपरकंडक्टिंग चुंबक (Superconducting Magnet), कम्प्यूटर** और अन्य दुर्लभ पदार्थों की तकनीक के विकास के साथ प्रायोगिक कण भौतिकी के लिये आवश्यक उपकरणों के निर्माण और सफल प्रयोग करने में विज्ञान ने एक बड़ी छलांग लगायी है। इन प्रयोगों से कभी कभी नयी तकनीक का विकास हुआ है, कभी कभी नयी तकनीक के विकास ने प्रयोगों को नयी दिशा दी है।

ये सभी महाकाय और जटिल कण त्वरक और जांच उपकरणों का संचालन बड़ी संख्या में भौतिक वैज्ञानिक करते हैं, जिनकी संख्या 100 से लेकर 1000 तक हो सकती है। इन प्रयोगों में सहयोग का दायरा अंतराष्ट्रीय, अंतरमहाद्विपिय होता है, जो विज्ञान के विकास के लिये राष्ट्रीय और राजनितिक सीमाओं से परे और उपर होता है।

### भविष्य की ओर एक नजर

पिछले वर्ष तक शिकागो के समीप **फ़र्मिलैब** के कण त्वरक **टेवाट्रॉन (Tevatron)** तथा जिनेवा स्विट्जरलैंड स्थित **CERN** के कण त्वरक **LHC (Large Hadron Collider)** का मुख्य लक्ष्य हिग्स बोसॉन की खोज था जो स्टैंडर्ड

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

माडेल की एक टूटी कड़ी था, अब इस कण के खोज जाने के पश्चात, इस के गुणधर्मों के अध्ययन और मान्यताओं की पुष्टि के लिये प्रयोग चल रहे हैं।

सभी ज्ञात कणों के सहयोगी **महासममितिक सहयोगीयों(supersymmetric partners)** की खोज सभी प्रयोगों का एक उद्देश्य रहता है और अगले कुछ दशकों तक रहेगा जिससे स्टैंडर्ड माडेल के पीछे की वास्तविक कण भौतिकी की खोज हो सके। इसके अतिरिक्त ऐसी कोई भी खोज जो गुरुत्वाकर्षण के साथ स्टैंडर्ड माडेल के महाएकीकरण की ओर एक कदम हो हमेशा एक मुख्य उद्देश्य रहेगा।

एक नये भिन्न किस्म के कण त्वरक और टकराव यंत्र के विकास और निर्माण की योजना चल रही है। इसमें इलेक्ट्रान और पाजीट्रान को टकराया जायेगा इसे **ILC(International Linear Collider)** कहा जायेगा, यह एक रैखिक कण टकराव यंत्र होगा जिसमें त्वरक की लंबाई दसियों किमी होगी। इसमें कई तकनीकी चुनौतियाँ हैं और विश्व व्यापी सहयोग की आवश्यकता है।

## कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

### स्रोत :

1. The Particle Odyssey: A Journey to the Heart of the Matter by Michael Marten, Christine Sutton, Frank Close. Oxford Press (2002)

2. The Charm of Strange Quarks : Mysteries and Revolutions of Particle Physics by R. Michael Barnett, Henry Muehry, Helen R. Quinn. American Institute of Physics, (2000)

1. The Particle Adventure (Lawrence Berkeley Lab)

<http://www.particleadventure.org/particleadventure/>

2. Inquiring Minds (Fermi National Lab.)

<http://www.fnal.gov/pub/inquiring/index.html>

3. The World of Beams (Center for Beam Physics, Lawrence Berkeley Lab),

<http://cbp-1.lbl.gov/>

4. Big Bang Science, (Particle physics & Astronomy Research Council, UK)

<http://hepwww.rl.ac.uk/pub/bigbang/part1.html>



# कण भौतिकी का संक्षिप्त इतिहास

---

## लेखक के बारे में

### आशीष श्रीवास्तव

**जन्म** 19 अक्टूबर 1976 गोंदिया महाराष्ट्र। 1998 में नागपुर विद्यापीठ से कंप्यूटर विज्ञान और अभियांत्रिकी से स्नातक। वर्तमान में भारतीय सूचना प्रौद्योगिकी बहुराष्ट्रीय कंपनी में साफ्टवेयर आर्किटेक्ट, विशेषज्ञता सूचना तथा अनुप्रयोग सुरक्षा।



विज्ञान, ब्रह्माण्ड विज्ञान तथा खगोलशास्त्र पर शौकिया लेखन।

लक्ष्य : इंटरनेट के प्रयोग से विज्ञान को हिंदी भाषा में लोकप्रिय करना और विज्ञान जागरूकता उत्पन्न करना।

विज्ञान विश्व (<http://vigyanvishwa.in>) तथा फ़ेसबुक (<http://www.facebook.com/VigyanVishva>) पर नियमित लेखन। समाचार पत्रों में लेख प्रकाशित होते रहते हैं।