

# मानक मॉडल: ब्रह्मांड के हमारे वर्तमान समझ पर एक तकनीकी प्राइमर

सबसे उच्च स्तर के अमूर्तन पर, भौतिक ब्रह्मांड के बारे में हमारी जानकारी को एक एकल प्रतीकात्मक अभिव्यक्ति में संपीडित किया जा सकता है। पथ एकीकरण की भाषा में लिखा गया, यह इस प्रकार है:

$$W = \int_{k < \Lambda} [Dg][DA][D\psi][D\Phi] \exp \left\{ i \int d^4x \sqrt{-g} \left[ \frac{m_p^2}{2} R - \frac{1}{4} F_{\mu\nu}^a F^{a\mu\nu} + i\bar{\psi}^i \gamma^\mu D_\mu \psi^i + (\bar{\psi}_L^i V_{ij} \Phi \psi_R^j + h.c.) - |D_\mu \Phi|^2 - V(\Phi) \right] \right\}.$$

यह अभिव्यक्ति, घनी और संक्षिप्त, मानक मॉडल का पथ-एकीकरण रूप और गुरुत्वाकर्षण है। यह क्वांटम यांत्रिकी, समय-अंतरिक्ष, पदार्थ, बलों और द्रव्यमान उत्पत्ति को एक एकल ढांचे में एकीकृत करता है। आइए इसे हिस्सा-हिस्सा करके विश्लेषण करें।

## 1. क्वांटम यांत्रिकी: पथ एकीकरण

प्रारंभिक कारक

$$W = \int [Dg][DA][D\psi][D\Phi] e^{iS}$$

क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत का उत्पादक कार्यात्मक है।

यह बताता है कि किसी भी प्रक्रिया की गणना करने के लिए, सभी संभावित क्षेत्र विन्यासों: ज्यामितियों  $g$ , गेज क्षेत्रों  $A$ , फर्मियन क्षेत्रों  $\psi$ , और हिंग्स क्षेत्र  $\Phi$  पर योग करना होगा। प्रत्येक विन्यास  $e^{iS}$  के वजन के साथ योगदान देता है, जहां  $S$  क्रिया है।

यह क्वांटम यांत्रिकी का क्षेत्रों तक विस्तारित सार है: वास्तविकता सभी संभावित इतिहासों का हस्तक्षेप पैटर्न है।

## 2. समय-अंतरिक्ष और गुरुत्वाकर्षण

पद

$$\frac{m_p^2}{2} R$$

आइंस्टीन-हिल्बर्ट क्रिया को दर्शाता है, जहां  $R$  रिक्की स्केलर वक्रता है और  $m_p$  कम किया हुआ प्लैन्क द्रव्यमान है। यह सामान्य सापेक्षता को संहिताबद्ध करता है: समय-अंतरिक्ष गतिशील है, जो ऊर्जा और संवेग की उपस्थिति से मुड़ा हुआ है।

हालांकि गुरुत्वाकर्षण की क्वांटम संगतता अभी तक अनसुलझी है, इस पद का समावेश समय-अंतरिक्ष के हमारे सर्वश्रेष्ठ प्रभावी सिद्धांत को व्यक्त करता है।

## 3. गेज क्षेत्र: अन्य बल

$$-\frac{1}{4} F_{\mu\nu}^a F^{a\mu\nu}$$

यह संक्षिप्त पद गेज क्षेत्रों की गतिशीलता को संहिताबद्ध करता है: ग्लूऑन (मजबूत बल), W और Z बोसॉन (कमजोर बल), और फोटॉन (विद्युत चुंबकत्व)। प्रतीक  $F_{\mu\nu}^a$  विद्युत चुंबकीय क्षेत्र टेंसर को गैर-एबेलियन यांग-मिल्स क्षेत्रों में सामान्यीकृत करता है।

इस एकल संरचना से, कोई मैक्सवेल के समीकरण को एबेलियन सीमा में, साथ ही क्वांटम क्रोमोडायनामिक्स (QCD) और इलेक्ट्रोवीक सिद्धांत की पूरी मशीनरी को प्राप्त कर सकता है।

## 4. पदार्थ क्षेत्र

$$i\bar{\psi}^i \gamma^\mu D_\mu \psi^i$$

यह फर्मियनों के लिए डिराक क्रिया है: क्वार्क और लेप्टॉन। सूचकांक  $i$  तीन पीढ़ियों पर चलता है।

सहसंनादीय व्युत्पन्न  $D_\mu$  पदार्थ क्षेत्रों को गेज क्षेत्रों से जोड़ता है, जो मानक मॉडल की समरूपताओं के साथ संगतता सुनिश्चित करता है।

यह इस बात का गणितीय कथन है कि पदार्थ के कण कैसे प्रचार करते हैं और बलों के साथ परस्पर क्रिया करते हैं।

## 5. युकावा युग्मन

$$\bar{\psi}_L^i V_{ij} \Phi \psi_R^j + h. c.$$

ये पद युकावा अंतःक्रियाओं का वर्णन करते हैं: फर्मियनों का हिंग्स क्षेत्र  $\Phi$  के साथ युग्मन।

जब हिंग्स क्षेत्र एक वैक्यूम अपेक्षा मूल्य प्राप्त करता है, तो ये अंतःक्रियाएं फर्मियन द्रव्यमानों में अनुवादित होती हैं।

गुणांक  $V_{ij}$  स्वाद मिश्रण की संरचना को संहिताबद्ध करते हैं (उदाहरण के लिए, क्वार्कों के लिए CKM मैट्रिक्स)।

## 6. हिंग्स क्षेत्र

$$-|D_\mu \Phi|^2 - V(\Phi)$$

यहां हिंग्स क्षेत्र स्वयं स्थित है।

गतिज पद  $|D_\mu \Phi|^2$  इसे गेज बोसॉनों से जोड़ता है, जबकि पोटेंशियल

$$V(\Phi) = \mu^2 \Phi^\dagger \Phi + \lambda (\Phi^\dagger \Phi)^2$$

स्वतःस्फूर्त समरूपता टूटने को प्रेरित करता है।

यह  $SU(2)_L \times U(1)_Y \rightarrow U(1)_{em}$  को तोड़ता है, जिससे W और Z बोसॉनों को द्रव्यमान मिलता है, जबकि फोटॉन द्रव्यमान रहित रहता है।

2012 में CERN में हिंग्स बोसॉन की खोज ने इस ढांचे की पुष्टि की।

## 7. एकीकृत कथन

इन सभी को मिलाकर, यह क्रिया व्यक्त करती है:

- क्वांटम यांत्रिकी पथ एकीकरण के माध्यम से।
- समय-अंतरिक्ष और गुरुत्वाकर्षण आइंस्टीन-हिल्बर्ट पद के माध्यम से।

- गेज अंतःक्रियाएं (मजबूत, कमजोर, विद्युत चुंबकीय)।
- पदार्थ क्षेत्र (क्वार्क और लेप्टॉन)।
- द्रव्यमान उत्पत्ति हिंग्स तंत्र और युकावा युग्मनों के माध्यम से।

यह अंतिम “सब कुछ का सिद्धांत” नहीं है — यह अंधेरे पदार्थ, अंधेरी ऊर्जा और गुरुत्वाकर्षण के पूर्ण क्वांटम सिद्धांत को छोड़ देता है — लेकिन यह वास्तविकता का सबसे पूर्ण विवरण है जो मानवता ने अब तक हासिल किया है।

## निष्कर्ष

यदि कोई अन्य बुद्धिमत्ता प्रकृति के नियमों का हमारा विवरण मांगे, तो हम यह समीकरण प्रस्तुत करेंगे।

यह कविता नहीं है, फिर भी इसमें गहन सुंदरता है: एक एकल अभिव्यक्ति जो अंतरिक्ष, समय, पदार्थ और अंतःक्रिया की गतिशीलता को संहिताबद्ध करती है।

यह **ब्रह्मांड** की हमारी वर्तमान समझ है, जो गणित में संक्षिप्त की गई है।