

معیاری ماڈل: ہمارے موجودہ کائناتی فہم کا تکنیکی تعارف

اعلیٰ ترین سطح پر تجرید کے طور پر، ہمارا جسمانی کائنات کے بارے میں علم ایک واحد علامتی عبارت میں سکیڑا جا سکتا ہے۔ راستہ انضمام کے زبان میں لکھا گیا، یہ اس طرح ہے:

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

یہ عبارت، گھنی اور کمپیکٹ، معیاری ماڈل کے علاوہ کشش ثقل کی راستہ انضمام کی شکل ہے۔ یہ کوانٹم میکینکس، خلائی وقت، مادہ، قوتیں، اور ماس کی تشکیل کو ایک واحد ڈھانچے میں متحد کرتی ہے۔ آئیے اسے حصہ بہ حصہ تجزیہ کریں۔

1. کوانٹم میکینکس: راستہ انضمام

ابتدائی عنصر

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

کوانٹم فیلڈ تھیوری کا جرنیٹنگ فنکشنل ہے۔

بیان کرتا ہے کہ کسی بھی عمل کا حساب لگانے کے لئے، تمام ممکنہ فیلڈ کنفیگریشنز پر جمع کرنا ضروری ہے: جیومیٹری g ، گج فیلڈز A ، فرمیون فیلڈز ψ ، اور بگز فیلڈز Φ ۔ ہر کنفیگریشن ایک وزن e^{iS} کے ساتھ شراکت کرتی ہے، جہاں S ایکشن ہے۔

یہ کوانٹم میکینکس کو فیلڈز تک وسعت دینے کی جوہر ہے: حقیقت تمام ممکنہ تاریخوں کا مداخلتی نمونہ ہے۔

2. خلائی وقت اور کشش ثقل

اصطلاح

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

آئنسٹائن-ہلبرٹ ایکشن کی نمائندگی کرتی ہے، جہاں R رچی اسکالر کروپچر ہے اور m_p کم شدہ پلانک ماس ہے۔
یہ عام نظریہ اضافیت کو کوڈ کرتی ہے: خلائی وقت متحرک ہے، توانائی اور رفتار کی موجودگی سے خمیدہ ہوتا ہے۔

اگرچہ کشش ثقل کی کوانٹم مطابقت ابھی تک حل نہیں ہوئی، اس اصطلاح کا شامل ہونا خلائی وقت کی ہماری بہترین مؤثر تھیوری کو ظاہر کرتا ہے۔

3. گج فیلڈز: دیگر قوتیں

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

یہ کمپیکٹ اصطلاح گج فیلڈز کی حرکیات کو کوڈ کرتی ہے: گلوونز (مضبوط قوت)، W اور Z بوزونز (کمزور قوت)، اور فوٹون (برقی مقناطیسیت)۔ علامت $F_{\mu\nu}^a$ برقی مقناطیسی فیلڈ ٹینسر کو غیر ایبیلیں یا نگ-ملز فیلڈز تک عمومی بناتی ہے۔

اس واحد ڈھانچے سے، ہم ایبیلیں حد میں میکسویل کے مساوات کے ساتھ ساتھ کوانٹم کروموڈائنامکس (QCD) اور الیکٹروویک تھیوری کی مکمل مشینری اخذ کر سکتے ہیں۔

4. مادہ فیلڈز

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

یہ فرمیونز کے لئے ڈیراک ایکشن ہے: کووارک اور لیپٹونز۔ انڈیکس i تین نسلوں پر محیط ہے۔
کوویرینٹ مشتق D_μ مادہ فیلڈز کو گج فیلڈز سے جوڑتا ہے، معیاری ماڈل کی ہم آہنگیوں کے ساتھ مطابقت کو یقینی بناتا ہے۔
یہ اس بات کا ریاضیاتی بیان ہے کہ مادہ کے ذرات کس طرح پھیلتے ہیں اور قوتوں کے ساتھ تعامل کرتے ہیں۔

5. یوکاوا کپلنگز

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

یہ اصطلاحات یو کاوا تعاملات کی وضاحت کرتی ہیں: فرمیونز کا ہگز فیلڈ Φ سے کپلنگ۔
جب ہگز فیلڈ خلا میں متوقع قدر حاصل کرتا ہے، تو یہ تعاملات فرمیون ماسز میں تبدیل ہو جاتی ہیں۔
لٹانک V_H ذاتق ملاپ کی ساخت کو کوڈ کرتے ہیں (مثال کے طور پر، کو اراکوں کے لئے CKM میٹرکس)۔

6. ہگز سیکٹر

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

بہاں خود ہگز فیلڈ موجود ہے۔
حرکیاتی اصطلاح $|D_\mu\Phi|^2$ اسے گج بوزونز سے جوڑتی ہے، جبکہ پوٹینشل

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

خود بخود ہم آہنگی توڑ کو چلاتی ہے۔

بہ $SU(2)_L \times U(1)_Y \rightarrow U(1)_{em}$ کو توڑتا ہے، W اور Z بوزونز کو ماس دیتا ہے جبکہ فوٹون بغیر ماس کے رہتا ہے۔

2012 میں CERN میں ہگز بوزون کی دریافت نے اس ڈھانچے کی تصدیق کی۔

7. متحدہ بیان

مجموعی طور پر، یہ ایکشن مندرجہ ذیل کو ظاہر کرتا ہے:

- کو انٹیم میکینکس راستہ انضمام کے ذریعے۔
- خلائی وقت اور کشش ثقل آئنسٹائن-ہلبرٹ اصطلاح کے ذریعے۔
- گج تعاملات (مضبوط، کمزور، برقی مقناطیسی)۔
- مادہ فیلڈز (کو اراک اور لپٹونز)۔
- ماس کی تشکیل ہگز میکانزم اور یو کاوا کپلنگز کے ذریعے۔

یہ حتمی ”ہر چیز کی تھیوری“ نہیں ہے۔ یہ تاریک مادہ، تاریک توانائی، اور کشش ثقل کی مکمل کوانٹم تھیوری کو چھوڑ دیتی ہے۔ لیکن یہ انسانیت کی اب تک کی سب سے مکمل حقیقت کی تفصیل ہے۔

نتیجہ

اگر کوئی دوسری ذہانت ہم سے فطرت کے قوانین کی وضاحت مانگتی، تو ہم یہ مساوات پیش کرتے۔

یہ شاعری نہیں ہے، پھر بھی اس میں گہری خوبصورتی ہے: ایک واحد عبارت جو خلاء، وقت، مادہ، اور تعاملات کی حرکیات کو کوڈ کرتی ہے۔

یہ ہمارا کائنات کے بارے میں موجودہ فہم ہے، جو ریاضی میں سمیٹ دیا گیا ہے۔