

معیاری مادل: ہمارے موجودہ کائنات کا تکنیکی فہم کا تعارف

اعلیٰ ترین سطح پر تحرید کے طور پر، ہمارا جسمانی کائنات کے بارے میں علم ایک واحد عالمی عبارہ میں سکیڑا جاسکتا ہے۔ راستہ انضام 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 مادل کے علاوہ کشش ثقل کی راستہ انضام کی شکل ہے۔ یہ کوانٹم میکینکس، خلائی وقت، مادہ، قوتیں، اور ماس کی تشكیل کو ایک واحد ڈھانچے میں متحد کرتی ہے۔ آئیے اسے حصہ بھے حصہ تجزیہ کریں۔

1. کوانٹم میکینکس: راستہ انضام

ابتدائی عنصر

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

کوانٹم فیلڈ تھیوری کا جزئینگ فنکشنل ہے۔

یہیان کرتا ہے کہ کسی بھی عمل کا حساب لگانے کے لئے، تمام ممکنہ فیلڈ کنفیگریشن پر جمع کرنا ضروری ہے: جیویٹری g ، گیج فیلڈز A ، فرمیون فیلڈز ψ ، اور بگز فیلڈ 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

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

آننسٹائنس-ہلبرٹ ایکشن کی نمائندگی کرتی ہے، جہاں R رچی اسکالر کرو یچر ہے اور m_p کم شدہ پلانک ماس ہے۔ یہ عام نظریہ اضافیت کو کوڈ کرتی ہے: خلائی وقت متھر ک ہے، تو انائی اور رفتار کی موجودگی سے خمیدہ ہوتا ہے۔

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

3. کچ فیلڈز: دیگر قوتیں

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

یہ کمپیکٹ اصطلاح کچ فیلڈز کی حرکیات کو کوڈ کرتی ہے: گلوونز (مضبوط قوت)، W اور Z بوزوونز (کمزور قوت)، اور فوٹون (برقی مقناطیسیت)۔ علامت $F_{\mu\nu}^a$ برقی مقناطیسی فیلڈ ٹینسر کو غیر ایبیلین یانگ-ملن فیلڈز تک عمومی بناتی ہے۔

اس واحد ڈھانچے سے، ہم ایبیلین حد میں میکسویل کے مساوات کے ساتھ ساتھ کو انٹم کرو موڈ انٹانامکس (QCD) اور الیکٹرونیک 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: کوارک اور لیپٹونز۔ انڈیکس نہ تین نسلوں پر محیط ہے۔ کوویرینٹ مشتق D_μ مادہ فیلڈز کو کچ فیلڈز سے جوڑتا ہے، معیاری ماذل 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 قتوں کے ساتھ تعامل کرتے ہیں۔

5. یوکاؤ ا کپلنگر

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

یہ اصطلاحات یوکا و اعمالات کی وضاحت کرتی ہیں: فرمیوز کا ہگز فیلڈ Φ سے کپلنگ۔
جب ہگز فیلڈ خلا میں متوقع قدر حاصل کرتا ہے، تو یہ اعمالات فرمیون ماسزیں تبدیل ہو جاتی ہیں۔

لٹانک V_{ij} ڈائیٹ ملے کی ساخت کو کوڈ کرتے ہیں (مثال کے طور پر، کوارکوں کے لئے CKM میٹر کس)۔

6. ہگز سیکھڑ

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

یہاں خود ہگز فیلڈ موجود ہے۔
حرکیاتی اصطلاح $|D_\mu \Phi|^2$ اسے کچھ بوزو نز سے جوڑتی ہے، جبکہ پوٹنیشن

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

خود بخود ہم آہنگی توڑ کو چلاتی ہے۔

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

2012ء میں CERN میں ہگز بوزو ن کی دریافت نے اس ڈھانچے کی تصدیق کی۔

7. متحده بیان

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

- کوانٹم میکینکس راستہ انضمام کے ذریعے۔
- خلائی وقت اور کشش ثقل آنسٹران-ہبرٹ اصطلاح کے ذریعے۔
- کچھ اعمالات (مضبوط، کمزور، برتنی مقناطیسی)۔
- ماڈہ فیلڈز (کوارک اور لپیٹونز)۔
- ماس کی تشکیل ہگز میکانزم اور یوکا و اکپلنگ کے ذریعے۔

یہ حتیٰ ”ہر چیز کی تھیوری“ نہیں ہے۔ تاریک مادہ، تاریک تو انائی، اور کشش ثقل کی مکمل کو انظم 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۔