

Ada lagi kerja-kerja yang belum siap. Teori masih belum lengkap, terutama apabila supersimetri yang diramalkan tidak ditemui. Eksperimen pula menemui fenomena baharu iaitu jirim gelap dan tenaga gelap.

14.1 Hierarki

Skala tenaga yang terlibat dengan salingtindak lemah dikaitkan dengan jisim zarah Higgs, sementara skala salingtindak graviti kuantum dikaitkan dengan jisim Planck. Jisim Planck ialah pembolehubah berdimensi jisim yang diperolehi daripada kombinasi pemalar Planck dengan pemalar-pemalar keunsuran yang lain,

$$m_P = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$$

Ini bernilai 2.18×10^{-8} kg, ataupun 1.22×10^{28} eV dari segi tenaga, yang sangat besar berbanding jisim Higgs, 125.35×10^9 eV.

Perbezaan besar skala-skala ini disebut masalah hierarki. Sebelum ketaktemuan supersimetri, masalah ini dibebankan penyelesaiannya ke atas supersimetri. Dengan zarah supersimetri tidak ditemui di LHC, sekarang diperlukan penjelasan teorin berlainan untuk hierarki ini.

14.2 Graviti

Menyatukan graviti dengan daya medan kuantum yang lain adalah isu teori yang besar. Lebih 'indah' dan 'tabii' jika semua daya diperihalkan oleh bentuk teori yang sama. Seperti dibincangkan sebelum ini, ini belum lagi menjadi kenyataan. Calon terbaik teori semua benda masih menunggu bukti eksperimen, kalau itupun boleh dibuat.

14.3 Penyatuan Agung

Sebelum graviti digabungkan pun, bolehkah daya elektrolemah dan daya kuat disatukan dalam penyatuan agung? Ukuran eksperimen had masa hayat proton menyangkal model-model termudah untuk penyatuan agung (misalnya kumpulan SU(5)), memerlukan model yang lebih rumit jika penyatuan agung mahu jadi kenyataan.

14.4 Pola Zarah

Seunsur teori fizik zarah yang ada, ada kesembarangan yang menyumbang. Nilai pemalar-pemalar keunsuran seperti pemalar Planck, pemalar graviti, halaju cahaya, cas elektron, dan lain-lain, pada pemahaman kini adalah nilai sembarangan. Mungkinkah ada penerangan yang lebih dasar untuk menjelaskan mengapa nilai-nilai ini seperti yang didapati?

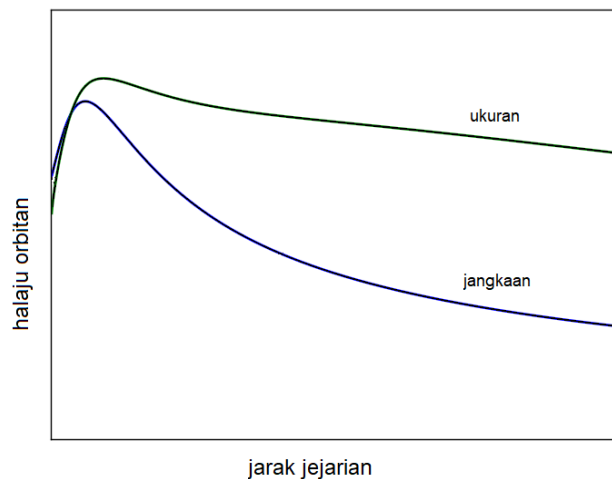
Begitu juga pola zarah yang ada. Boleh ditanya kenapa 3 generasi, dan kenapa simetri tertentu untuk daya-daya tertentu. Adakah ini secara kebetulan, atau adakah sebab yang lebih keunsuran untuk bentuk sedemikian?

Dari pengalaman, pola dalam bentuk zarah-zarah mungkin membayangkan ada struktur dalaman yang lebih asas. Namun setakat ini, tiada bukti eksperimen untuk model-model komposit. Misalnya, tiada struktur dilihat dalam elektron sehingga 10^{-20} m. Kalau elektron punyai struktur dalaman, serakan Bhabha, elektron atas elektron, misalnya, sepatutnya bercanggah dengan kiraan daripada gambarajah Born, dan momen magnetan elektron juga bercanggah dengan pengiraan menurut teori piawai bagi elektron titik.

14.5 Jirim gelap

Perbandingan kadar putaran galaksi-galaksi lingkaran dengan jisim yang ditaabir daripada jasad bersinar menunjukkan bahawa ada jirim berjisim yang tidak bersinar. Ini disebut jirim gelap.

Keluk putaran galaksi cakera memplot kelajuan orbitan bintang atau gas yang kelihatan di dalam galaksi itu berbanding jarak jejarian dari pusat galaksi itu. Secara tipikal, rajah seperti di bawah diperolehi.



Tafsiran jirim gelap di sini bermaksud 27% semesta terdiri daripada jirim gelap. Identiti jirim gelap ini belum dipastikan. Mungkin ia dalam bentuk MACHOs (*massive cosmic halo objects* – objek halo kosmos berjisim) – seperti lohong hitam dan kerdil putih, atau WIMPs (*weakly interacting massive particles* – zarah bersalingtindak lemah berjisim) – seperti neutrino dan lain-lain.

Sehingga kini, tiada rumusan muktamad tentang identiti jirim gelap ini, dan tiada calon zarah jirim gelap baharu ditemui di eksperimen di LHC dan lain-lain.

14.6 Tenaga gelap

Ukuran kadar kembangan semesta menunjukkan kadar yang meningkat terhadap masa. Ini boleh di katakan akibat wujudnya tenaga tambahan yang tidak dilihat, tenaga gelap. Tenaga gelap merupakan 69 % daripada kandungan semesta.

Penjelasan bagi tenaga gelap ini masih dalam perbahasan dan tidak ada dalam teori piawai kini.

14.7 Neutrino dan daya lemah

Pada mulanya, neutrino dianggap tidak berjisim. Ukuran eksperimen pada waktu itu konsisten dengan nilai jisimnya sifar. Bagi neutrino yang tak berjisim, tak bercas elektrik, dan tak bercas warna, suatu cara untuk membezakan di antara ia dan antizarahnya ialah arah spinnya, terhadap halajunya, iaitu keheliksannya. Kalau neutrino tak berjisim, ia bergerak dengan halaju cahaya, dan oleh itu kita tidak bisa pergi kepada bingkai rujukan lain lebih laju yang mengubah nilai keheliksannya dan merubah zarah ke antizarah atau sebaliknya. Keheliksannya komut dengan hamiltonan, dan ia diabadikan. Namun eksperimen Sudbury dan Kamiokande mengesan ayunan perisa dalam neutrino. Ini bermakna neutrino berjisim. Persoalannya ialah dari mana asalnya jisim neutrino, dan kenapa ia begitu kecil.

Maka ψ_L , spinor dengan keheliksannya negatif (bertangan kiri) mewakili neutrino, dan $\bar{\psi}_R$, bertangan kanan, mewakili antineutrino. Daya elektrolemah hanya membabitkan zarah-zarah bertangan kiri. Namun neutrino boleh juga diperihailkan dengan perwakilan Majorana, yang merupakan campuran tangan kanan dan tangan kiri. Perwakilan yang mana dipakai, dan kenapa daya lemah bertangan kiri, menjadi persoalan juga.

Campuran perisa lemah dalam sektor kuark dan dalam sektor neutrino menunjukkan bahawa fungsi eigen perisa, atau fungsi eigen elektrolemah, bukan tepatnya fungsi eigen tenaga. Ini menjadi persoalan. Juga, ada canggahan C (konjugatan cas) dan CP (konjugatan cas bersama pariti) oleh daya lemah. Kenapa ini berlaku untuk daya lemah?