

HILAKENTTÄTEORIA - HIUKKASFYSIIKKA HÄIRIÖKEHITELMÄN TUOLLA PUOLEN

Tommi Markkanen

Teoreettisen fysiikan laudatur seminaari, Helsingin Yliopisto

11.02.2010

SISÄLTÖ

1 HIUKKASFYSIIKAN NYKYTILANNE

- Standardimalli

2 HILAKENTTÄTEORIA

- Lähtökohdat
- Hilalle siirtyminen käytännössä

3 HILAKENTTÄTEORIAN ONGELMIA

- Symmetriarikot ja niistä selviäminen
- Kiraaliset fermionit

HIUKKASFYSIIKAN NYKYTILANNE



STANDARDIMALLI

- Kattava kuvaus luonnon kolmesta perusvoimasta
 - Muut ehdotelmat vielä teoreettisella asteella

STANDARDIMALLI

- Kattava kuvaus luonnon kolmesta perusvoimasta
 - Muut ehdotelmät vielä teoreettisella asteella
- Ratkaisuja osataan laskea vain häiriöteoreettisesti

STANDARDIMALLI

- Kattava kuvaus luonnon kolmesta perusvoimasta
 - Muut ehdotelmat vielä teoreettisella asteella
- Ratkaisuja osataan laskea vain häiriöteoreettisesti
- Useissa tilanteissa häiriökehitemä ei onnistu
 - Mm. asympotoottinen vapaus tuottaa ongelmia

HILAKENTTÄTEORIA

LÄHTÖKOHDAT

- Oletetaan aika-avaruus diskreetiksi
 - Muodostunut hila vakio ja neliöllinen

LÄHTÖKOHDAT

- Oletetaan aika-avaruus diskreetiksi
 - Muodostunut hila vakio ja neliöllinen
- Avaa monia uusia mahdollisuuksia

LÄHTÖKOHDAT

- Oletetaan aika-avaruus diskreetiksi
 - Muodostunut hila vakio ja neliöllinen
- Avaa monia uusia mahdollisuuksia
- Soveltuu useisiin eri teorioihin

LÄHTÖKOHDAT

- Oletetaan aika-avaruus diskreetiksi
 - Muodostunut hila vakio ja neliöllinen
- Avaa monia uusia mahdollisuuksia
- Soveltuu useisiin eri teorioihin
- Käytetty menestyksekkäästi ”oikeisiin” ongelmiin
 - Protonin massa

HILALLE SIIRTYMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

- Kaikki alkaa polkuintegraalista

$$Z[J] = Z_0^{-1} \int \mathcal{D}\phi e^{iS[\phi] + i \int J\phi}$$

HILALLE SIIRTYMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

- Kaikki alkaa polkuintegraalista

$$Z[J] = Z_0^{-1} \int \mathcal{D}\phi e^{iS[\phi] + i \int J\phi}$$

TARVITTAVAT MUUNNOKSET

$$\begin{array}{ll}
 x_\mu \rightarrow an_\mu, & \phi(x) \rightarrow \phi(na) \\
 \int d^4x \rightarrow a^4 \sum_n, & \mathcal{D}\phi \rightarrow \prod_n d\phi(na)
 \end{array}$$

HILALLE SIIRTYMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

- Kaikki alkaa polkuintegraalista

$$Z[J] = Z_0^{-1} \int \mathcal{D}\phi e^{iS[\phi] + i \int J\phi}$$

TARVITTAVAT MUUNNOKSET

$$\begin{array}{ll}
 x_\mu \rightarrow an_\mu, & \phi(x) \rightarrow \phi(na) \\
 \int d^4x \rightarrow a^4 \sum_n, & \mathcal{D}\phi \rightarrow \prod_n d\phi(na)
 \end{array}$$

- Loppu seuraa itsestään

HILAKENTTÄTEORIAN ONGELMIA

SYMMETRIARIKOT JA NIISTÄ SELVIÄMINEN

- Fermionit ongelmallisia hilalla

SYMMETRIARIKOT JA NIISTÄ SELVIÄMINEN

- Fermionit ongelmallisia hilalla
- Jatkomorajan pysyessä samana voidaan määritellä

$$\mathcal{L}(\bar{\psi}, \psi) \longrightarrow \mathcal{L}(\bar{\psi}, \psi) + \mathcal{O}(a)$$

SYMMETRIARIKOT JA NIISTÄ SELVIÄMINEN

- Fermionit ongelmallisia hilalla
- Jatkomorajan pysyessä samana voidaan määritellä

$$\mathcal{L}(\bar{\psi}, \psi) \longrightarrow \mathcal{L}(\bar{\psi}, \psi) + \mathcal{O}(a)$$

- Kiraalisymmetria rikkoontuu hilalla
 - Kiraalisymmetrialla tärkeä rooli standardimallissa

KIRAALISET FERMIONIT

- Kiraalisuuden saavuttaminen hyvin ongelmallista hilalla

KIRAALISET FERMIONIT

- Kiraalisuuden saavuttaminen hyvin ongelmallista hilalla
- Tunnetut ratkaisut varsin ovelia
 - Keksitään ylimääräinen ulottuvuus

KIRAALISET FERMIONIT

- Kiraalisuuden saavuttaminen hyvin ongelmallista hilalla
- Tunnetut ratkaisut varsin ovelia
 - Keksitään ylimääräinen ulottuvuus
- Paljon vielä tehtävää

KIRAALISET FERMIONIT

- Kiraalisuuden saavuttaminen hyvin ongelmallista hilalla
- Tunnetut ratkaisut varsin ovelia
 - Keksitään ylimääräinen ulottuvuus
- Paljon vielä tehtävää
- Aiheesta kahden viikon päästä paljon lisätietoa!