

Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις και συμμετρίες στο σταυροδρόμι Φυσικής και Μαθηματικών

Θανάσης Χατζησταυρακίδης

Van Swinderen Institute for Particle Physics and Gravity



**rijksuniversiteit
 groningen**

faculteit wiskunde en
 natuurwetenschappen

ΣΕΜΦΕ: ο παράξενος ελκυστής

Δευτέρα 30.05.2016 - ΕΜΠ

Το Δίλημμα

Μαθηματικό ή Φυσικό;

Το Δίλημμα

Μαθηματικό ή Φυσικό;

Η απάντηση

M U Φ

Το Δίλημμα
Μαθηματικό ή Φυσικό;

Η απάντηση
Μ Υ Φ



ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

Τρεις σταθερές

G



c



\hbar



Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

Τρεις σταθερές

G



c



\hbar



Ειδική θεωρία σχετικότητας \rightsquigarrow κινηματική στον χωροχρόνο

Γενική θεωρία σχετικότητας \rightsquigarrow δυναμική του χωροχρόνου — βαρυτική αλληλεπίδραση

Κβαντική μηχανική \rightsquigarrow ύλη και φως σε ατομική και υποατομική κλίμακα

Κβαντική θεωρία πεδίου \rightsquigarrow ηλεκτροδυναμική και πυρηνικές αλληλεπιδράσεις

✦ Καθιερωμένο Πρότυπο Στοιχειωδών Σωματιδίων

Συμμετρίες

- ✿ Βαρύτητα \rightsquigarrow Γενικό συναλλοίωτο — Διαφορομορφισμοί
 - ✿ Γεωμετρία Riemann
- ✿ Ηλεκτροδυναμική/Πυρηνικές αλληλεπιδράσεις \rightsquigarrow Τοπικές συμμετρίες
 - ✿ Θεωρία βαθμίδας — ομάδες και άλγεβρες

Η έννοια της συμμετρίας παίζει κεντρικό ρόλο στις φυσικές θεωρίες

3 σε 1

$$c \rightsquigarrow m \times s^{-1}$$

$$G \rightsquigarrow m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2}$$

$$\hbar \rightsquigarrow m^2 \times kg \times s^{-1}$$

3 σε 1

$$c \rightsquigarrow m \times s^{-1} \quad G \rightsquigarrow m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2} \quad \hbar \rightsquigarrow m^2 \times kg \times s^{-1}$$

Κλίμακα μάζας Planck

$$m_P \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \simeq 10^{19} \text{ GeV}$$

Κλίμακα μήκους Planck

$$l_P \sim \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \simeq 10^{-35} \text{ m}$$

Τι συμβαίνει σε τόσο μικρές αποστάσεις;

Ανοιχτά Ζητήματα

- ✿ Πώς περιγράφεται η βαρύτητα στο πλαίσιο της κβαντικής φυσικής;
- ✿ Ποιά είναι η δομή του χωροχρόνου σε πολύ μικρές αποστάσεις;
- ✿ Πώς συνδυάζεται η βαρύτητα με τις υπόλοιπες θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις;
- ✿ Ποιές συμμετρίες παίζουν ρόλο στην κατανόηση της δομής του χωροχρόνου;

Ένα κεντρικό δίδαγμα

Κβαντική μηχανική \rightsquigarrow ο κλασικός χώρος φάσεων είναι ανεπαρκής έννοια

- ✿ Απόρροια της αρχής αβεβαιότητας του Heisenberg
- ✿ Αναθεώρηση των κλασικών μεταβλητών

$$\hat{x}\hat{p} - \hat{p}\hat{x} = i\hbar$$

Βαρυτική αλληλεπίδραση \rightsquigarrow δυναμική του χωροχρόνου — γεωμετρία Riemann

Η κλασική περιγραφή του χωροχρόνου είναι ανεπαρκής στις πολύ μικρές αποστάσεις!

Πέρα από την γεωμετρία Riemann — Κβαντικός χωροχρόνος;

- ❖ Μη-μεταθετική διαφορική γεωμετρία

$$\hat{x}\hat{y} - \hat{y}\hat{x} \neq 0$$

- ❖ Γεωμετρία χωρίς σημεία
- ❖ Γενικευμένη γεωμετρία — Διαφορική γεωμετρία αλγεβροειδών
 - ❖ Γενικευμένες συμμετρίες

Θεωρία Υπερχορδών

Εκτεταμένοι βαθμοί ελευθερίας



Μερικές συνέπειες

- ✿ Μια χορδή δεν μπορεί να "δει" σημεία
- ✿ Η κβαντική χορδή "ζει" σε 9 χωρικές διαστάσεις
- ✿ Νέου τύπου συμμετρίες — Διεισμοί χορδών



Μια θεωρία στο μετρίχμο φυσικής και μαθηματικών

ΣΕΜΦΕ

$$M \cup \Phi \rightsquigarrow M \cap \Phi$$

ΣΕΜΦΕ

$$M \cup \Phi \rightsquigarrow M \cap \Phi$$

Επικοινωνία: a.chatzistavrakidis@rug.nl