

Κβαντική Βαρύτητα και πού να την βρείτε

Στράτος Πατελούδης

Πανεπιστήμιο του Regensburg

20.12.2018



Universität Regensburg

Elitenetzwerk
Bayern



Σύνοψις

- Βαρύτητα
- Κβαντομηχανική
- Προσπάθειες για την κβαντική βαρύτητα

Σκοπός της ομιλίας \Rightarrow Να φύγετε με απορίες (πολλές).

Τι είναι η κβαντική βαρύτητα;

Ο κόσμος των κβάντων:



Αλληλεπίδραση βαρύτητας στον κβαντικό κόσμο.

Τι είναι η κβαντική βαρύτητα;

Ο κόσμος των κβάντων:



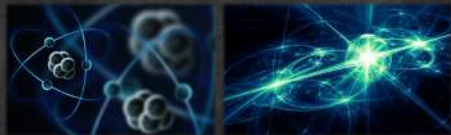
Αλληλεπίδραση βαρύτητας στον κβαντικό κόσμο.

Τι είναι η κβαντομηχανική και τί η βαρύτητα;

Η βαρύτητα περιγράφει τον
μεγάκοσμο



Η κβαντομηχανική περιγράφει τον
μικρόκοσμο



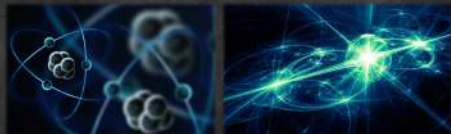
Περιγράφουν το παρατηρούμενο σύμπαν.

Τι είναι η κβαντομηχανική και τί η βαρύτητα;

Η βαρύτητα περιγράφει τον
μεγάκοσμο



Η κβαντομηχανική περιγράφει τον
μικρόκοσμο

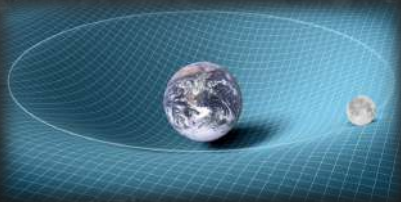


Περιγράφουν το παρατηρούμενο σύμπαν. Δηλαδή περίπου το 5% του συνολικού σύμπαντος!

Βαρύτητα

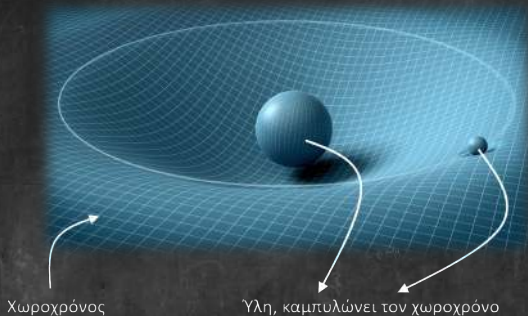


Χώρος και χρόνος



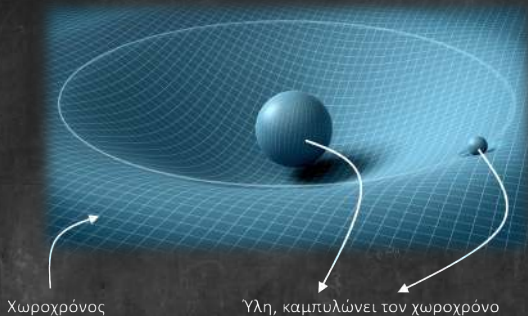
χωροχρόνος

Βαρύτητα του Αινστάιν



- Έννοια του χωροχρόνου. Χώρος και χρόνος \Rightarrow αδιαίρετες ποσότητες \Rightarrow τέσσερις διαστάσεις
- Γεωμετρία και μάζα αλληλένδετα

Βαρύτητα του Αινστάιν



- Έννοια του χωροχρόνου. Χώρος και χρόνος \Rightarrow αδιαίρετες ποσότητες \Rightarrow τέσσερις διαστάσεις
- Γεωμετρία και μάζα αλληλένδετα

$$\underbrace{R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R}_{\text{Γεωμετρία}} = 8\pi G \underbrace{T_{\mu\nu}}_{\text{Υλη}}$$

Πειραματικά επαληθεύσιμη.

Βαρύτητα και μαύρες τρύπες

Η προηγούμενη εξίσωση έχει και ως λύση τις μαύρες τρύπες:



Υπερβολική μάζα \Rightarrow “άπειρη” καμπύλωση του χωροχρόνου \Rightarrow σημειακή ιδιομορφία (singularity).

Κβαντομηχανική

Ύλη σε μικροσκοπικό επίπεδο. Θεμελιώδη χαρακτηριστικά:

- Εξίσωση για ένα σωματίδιο (Schrödinger):

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\Psi(r, t)\rangle = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(r, t) \right) |\Psi(r, t)\rangle$$

- Μεταθέτης :

$$[x, p] = i\hbar \quad \Rightarrow \quad \Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2\pi}$$

Η ύλη είναι κβαντισμένη. Χαρακτηριστικά των σωματιδίων \Rightarrow μόνο διακριτές τιμές.

Πειραματικά επαληθεύσιμη

Μια απορία

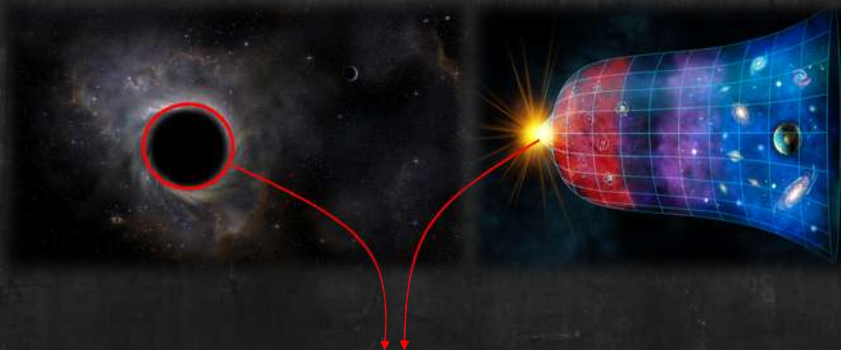
Πώς συνδοιάζουμε βαρύτητα
και κβαντομηχανική;



Γιατί να τα συνδοιάσουμε;

Κβαντομηχανική + βαρύτητα \Rightarrow παράδοξα.

- Τί συμβαίνει κοντά στις μαύρες τρύπες;
- Τί συμβαίνει στην “μεγάλη έκρηξη”;



Οι περιγραφές των θεωριών καταρρέουν

Επιστροφή στην απορία

Πώς συνδοιάζουμε βαρύτητα
και κβαντομηχανική;



Κβαντική βαρύτητα βρόγχων (Loop quantum gravity)

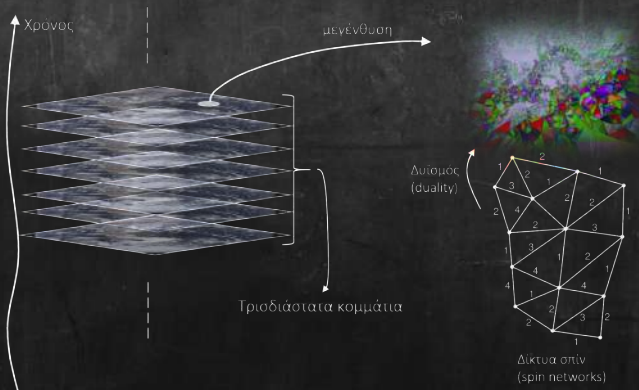
$$\underbrace{\hat{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}\hat{R}}_{\text{Γεωμετρία}} = 8\pi G \underbrace{\hat{T}_{\mu\nu}}_{\text{κβαντισμένη ύλη}}$$

- Γεωμετρία \Rightarrow επίσης κβαντισμένη (διακριτή)
- Εξισώσεις προσαρμοσμένες στο μικρόκοσμο
- Δεν υπάρχει χωροχρόνος σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Κβαντική βαρύτητα βρόγχων (Loop quantum gravity)

$$\underbrace{\hat{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}\hat{R}}_{\text{Γεωμετρία}} = 8\pi G \underbrace{\hat{T}_{\mu\nu}}_{\text{κβαντισμένη ύλη}}$$

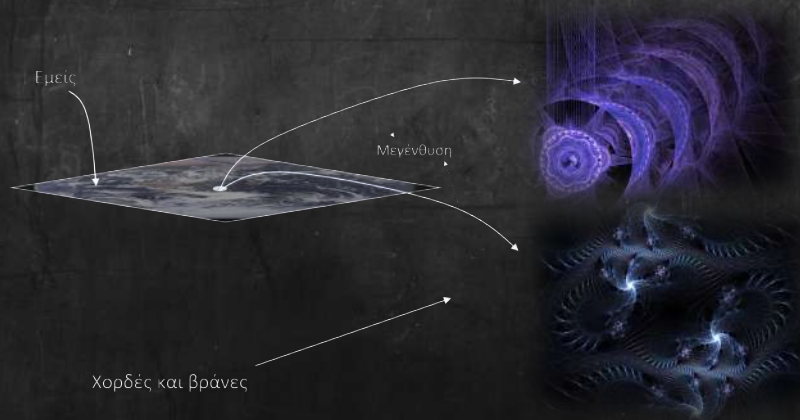
- Γεωμετρία \Rightarrow επίσης κβαντισμένη (διακριτή)
- Εξισώσεις προσαρμοσμένες στο μικρόκοσμο
- Δεν υπάρχει χωροχρόνος σε μικροσκοπικό επίπεδο.



Θεωρία υπερχορδών (Superstring theory)

Μικροσκοπικές χορδές των οποίων οι δονήσεις αναπαράγουν τα σωματίδια.

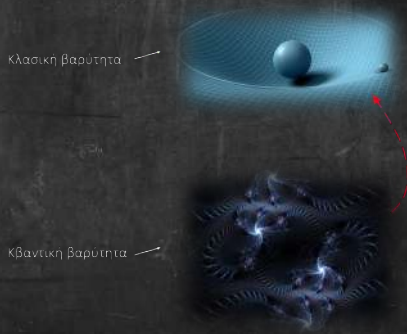
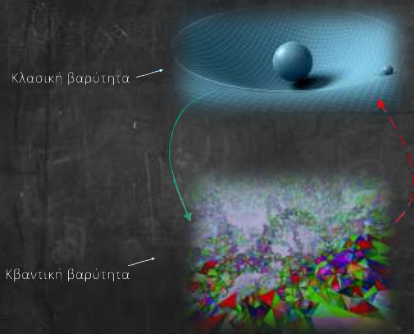
- Ο χωροχρόνος προϋπάρχει πάντα
- Θεμελιώδη αντικείμενα: ανοιχτές και κλειστές χορδές, (μεμ)βράνες \Rightarrow όλα προκύπτουν απο αυτά.
- Έξτρα διαστάσεις (10, ...), αναλόγως την θεωρία



Μια πρώτη σύγκριση

Κβαντική θεωρία βρόγχων

Θεωρία υπερχορδών



Ενδεχομένως κάπου να υπάρχουν κοινά σημεία στα οποία η περιγραφή είναι ισοδύναμη.

Συμπεράσματα

- Έχει νόημα να ψάχνουμε για κάτι τέτοιο;
- Κανένα πείραμα, καμία πρόβλεψη
- Ελπίζουμε να επεκτείνουμε το 5% που γνωρίζουμε



- Αλλαγή τρόπου σκέψης...

Συμπεράσματα

- Έχει νόημα να ψάχνουμε για κάτι τέτοιο;
- Κανένα πείραμα, καμία πρόβλεψη
- Ελπίζουμε να επεκτείνουμε το 5% που γνωρίζουμε



- Αλλαγή τρόπου σκέψης...

Ευχαριστώ