

Εξέταση 11/10/2007

Γενικές Οδηγίες. Να επιλέξετε ένα (1) θέμα από τα δύο (2) βαθμολογικώς ισοδύναμα θέματα της Ομάδας A (25% κάθε θέμα) και δύο (2) θέματα από τα τρία (3) βαθμολογικώς ισοδύναμα θέματα της Ομάδας B (40% κάθε θέμα). **Καλή επιτυχία!**

Ομάδα A

- Σκιαγραφήστε τη φιλοσοφική διάκριση μεταξύ υποστασιοκρατίας και σχεσιοκρατίας ως προς τον χώρο και τον χρόνο. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύξτε με συντομία τις απόψεις του Νεύτωνα [Newton] για τον χώρο και τον χρόνο καθώς και την κριτική που άσκησε στις απόψεις αυτές ο Λάιμπνιτς [Leibniz].
- Αναπτύξτε με συντομία και χωρίς «τεχνικές λεπτομέρειες» τις συνέπειες του θεωρήματος του Μπελ [Bell] για τα θεμέλια και την ερμηνεία της κβαντικής μηχανικής. Στο πλαίσιο αυτό, διακρίνετε την *ανεξαρτησία από παράμετρο* [parameter independence]¹ από την *ανεξαρτησία από αποτέλεσμα* [outcome independence]². Ποια από αυτές τις αρχές τοπικότητας ικανοποιεί και ποια παραβιάζει η μη σχετικιστική κβαντική μηχανική;

Ομάδα B

- Αναπτύξτε και συζητήστε κριτικά το επιχείρημα του Ράιχενμπαχ [Reichenbach] για τον συμβατικό χαρακτήρα της γεωμετρίας του φυσικού χώρου («προσαρμοστικού» ορισμοί, «καθολικές» ή «παγκόσμιες» δυνάμεις, κ.λπ.).
- Αναπτύξτε με λεπτομέρεια το πρόβλημα της κβαντικής μέτρησης. Για ποιους λόγους δεν κρίνεται ικανοποιητική³ η «καθιερωμένη λύση» με την εισαγωγή ενός αιτήματος «προβολής» (ή «αναγωγής του διανύσματος κατάστασης» ή «κατάρρευσης της υπέρθεσης»);
- Θεωρήστε τις παρακάτω δύο αρχές στο πλαίσιο της μη σχετικιστικής κβαντικής μηχανικής:
(LOC): Άν κατά τη σπιγμή της μέτρησης δύο συστήματα δεν αλληλεπιδρούν πια, καμία πραγματική αλλαγή δεν μπορεί να λάβει χώρα στο ένα σύστημα ως αποτέλεσμα οποιασδήποτε επέμβασης στο άλλο.
(NSV): Όταν οι αυτοσυζυγείς τελεστές που αντιστοιχούν σε δύο παρατηρήσιμα φυσικά μεγέθη δεν (αντι)μετατίθενται, τότε αυτά τα φυσικά μεγέθη είναι αδύνατον να λαμβάνουν ταυτόχρονα καθορισμένες τιμές.

Ακολουθώντας τις βασικές ιδέες και προκείμενες των Αϊνστάιν-Ποντόλσκυ-Ρόουζεν [Einstein-Podolsky-Rosen, EPR] αναπτύξτε ένα επιχείρημα προς το συμπέρασμα:

(C) Η μη σχετικιστική κβαντική μηχανική παραβιάζει την (NSV) εάν είναι τοπική υπό την έννοια ότι ικανοποιεί την (LOC).

Ποιο, επομένως, είναι το γενικό συμπέρασμα που μπορεί να συναχθεί τελικώς από το επιχείρημα των EPR; Θα μπορούσε αυτό το συμπέρασμα να συναχθεί χωρίς αναφορά σε παρατηρήσιμα φυσικά μεγέθη των οποίων οι αυτοσυζυγείς τελεστές δεν (αντι)μετατίθενται; Άν «ναι», με ποιο επιχείρημα;

Υπόδειξη. Μπορείτε να θεωρήσετε ζεύγη σωματιδίων spin $\frac{1}{2}$ που παράγονται στην κατάσταση singlet του ολικού spin,

$$|\Psi_{\text{singlet}}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\vec{n},+\rangle|\vec{n},-\rangle - |\vec{n},-\rangle|\vec{n},+\rangle),$$

όπου \vec{n} είναι το μοναδιαίο διάνυσμα για τυχαία διεύθυνση στο χώρο και $|\vec{n},\pm\rangle$ είναι τα ιδιοδιανύσματα του τελεστή $\hat{S}_{\vec{n}}$ του spin στην κατεύθυνση του \vec{n} που αντιστοιχούν στις ιδιοτιμές ± 1 (σε μονάδες $\hbar/2$). Για ορθοκανονικό σύστημα (x, y, z) ισχύουν οι σχέσεις:

$$[\hat{S}_x, \hat{S}_y] = i\hbar \hat{S}_z \quad [\hat{S}_y, \hat{S}_z] = i\hbar \hat{S}_x \quad [\hat{S}_z, \hat{S}_x] = i\hbar \hat{S}_y.$$

¹ Η ανεξαρτησία διατάζεως [setting independence].

² Η ανεξαρτησία αποτέλεσματος.

³ απολύτως ικανοποιητική (αν προτιμάτε).