

ΕΡΜΗΝΕΙΕΣ

ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Καβάζη Παναγιώτα
Τμήμα Φυσικής Ιωαννίνων

Περιεχόμενα

- Τι είναι κβαντομηχανική
- Η ιστορία της κβαντικής μηχανικής
- Κβαντομηχανική και πραγματικότητα
 - ▣ Η ερμηνεία της Κοπεγχάγης
 - ▣ Η ερμηνεία Schrödinger και Einstein
- Οι απόψεις της ορθόδοξης ερμηνείας της κβαντικής θεωρίας και οι αντίπαλοι της
- Η συμβολή του Schrödinger στην αντίδραση προς τη σχολή της Κοπεγχάγης
- Το νοητικό πείραμα της γάτας του Schrödinger

Τι είναι η κβαντομηχανική



- Κβαντομηχανική ή Κβαντική Φυσική είναι το πεδίο εκείνο της φυσικής που ερμηνεύει τα φυσικά φαινόμενα κυρίως σε επίπεδο μικρόκοσμου (άτομα,...) τα οποία δεν μπορεί να ερμηνεύσει η κλασσική φυσική (Νευτώνεια). Ονομάζεται έτσι από το κβάντουμ (quantum) ή συνηθέστερα κβάντο, που σημαίνει η ελάχιστη ποσότητα στα λατινικά. Κβάντο αποκάλεσε πρώτος ο Max Planck το συγκεκριμένο ποσό ενέργειας που ακτινοβολείται από ένα "μέλαν σώμα" και ισούται με $E=h*\nu$.

Οι νόμοι αυτοί αποτελούν τη βάση για την Κλασική Μηχανική

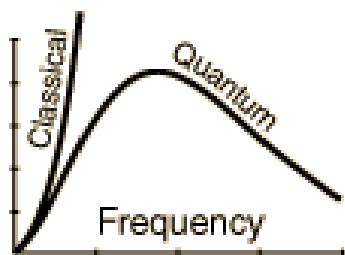


Sir Isaac Newton

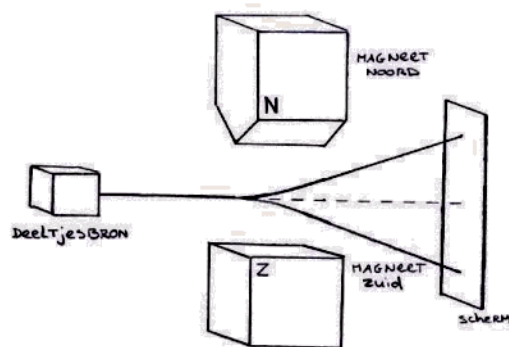
1. Κάθε σώμα, που βρίσκεται μέσα σε ένα αδρανειακό σύστημα, διατηρεί την κατάσταση ηρεμίας, ή ευθύγραμμης και ομαλής κίνησής του, εφόσον καμία εξωτερική δύναμη δεν επιδρά για τη μεταβολή της.
2. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα, ισούται με το ρυθμό μεταβολής της ορμής του σώματος
3. Οι δυνάμεις που εξασκούνται από την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων (1 και 2) είναι πάντα ίσες κατά το μέτρο και αντίθετες κατά τη φορά.



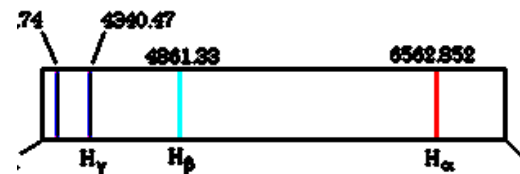
Ωστόσο, διάφορα πειράματα στις αρχές του 20ου αιώνα αφήφησαν την Νευτώνεια εξήγηση



Η υπερίωδης καταστροφή



Το πείραμα Stern-Gerlach Φάσμα Υδρογόνου

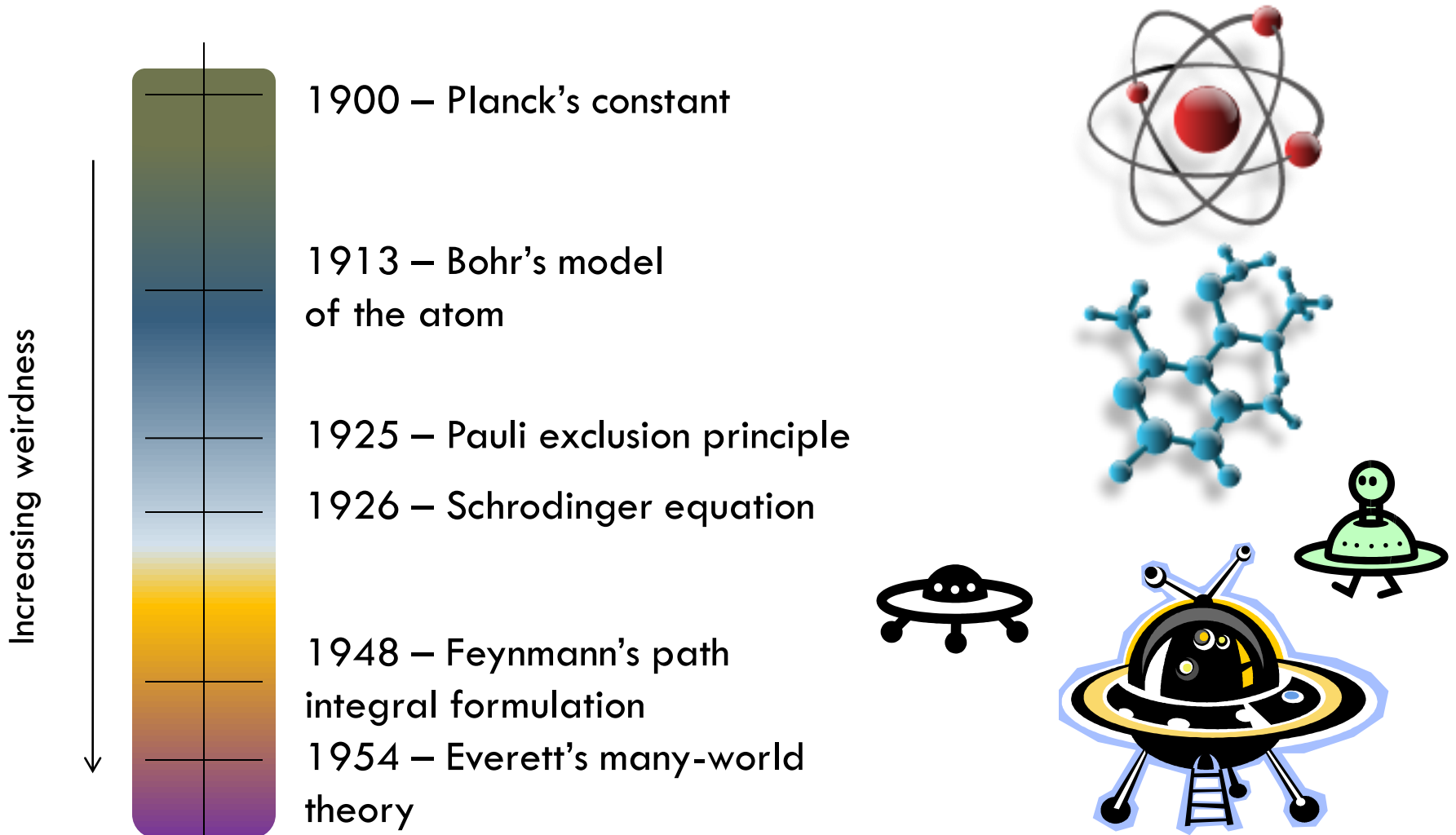


Το 1921, οι Otto Stern και Walter Gerlach εκτέλεσαν ένα πείραμα με το οποίο έδειξαν ότι τα ηλεκτρόνια παρουσιάζουν μαγνητική ροπή λόγω σπιν

Η Νευτώνεια εξήγηση για αυτά τα φαινόμενα ήταν εξωφρενικά ανεπαρκείς



Η κβαντομηχανική αναπτύχθηκε για να εξηγήσει αυτά τα αποτελέσματα και εξελίχθηκε στην πιο επιτυχημένη φυσική θεωρία στην ιστορία

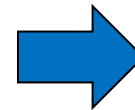


Η κβαντική μηχανική είναι ακόμα πολύ σημαντική

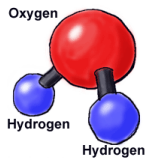
Χωρίς την Κβαντική Μηχανική



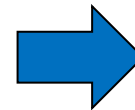
Πολλές βιολογικές αντιδράσεις δεν θα είχαν συμβεί.



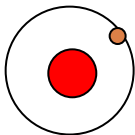
Δεν θα υπήρχε ζωή



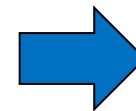
Οι χημικοί δεσμοί θα ήταν αδύνατοι.



Όλα τα μόρια θα διασπώνταν



Όλα τα άτομα θα είναι ασταθής.



Το σύμπαν θα εκρήγνυται

Κβαντομηχανική και πραγματικότητα



Τα θεμέλια της μη αιτιοκρατικής ερμηνείας της κβαντομηχανικής, που αποτελεί και την κυρίαρχη άποψη σήμερα, τέθηκαν κυρίως από δύο φυσικούς.

- Ο Werner Heisenberg - Αρχή της Αβεβαιότητας
- Ο Max Born με την πιθανοκρατική ερμηνεία της κυματοσυνάρτησης Ψ του Schroedinger .

Η κυρίαρχη άποψη είναι γνωστή κι ως ερμηνεία ή σχολή της Κοπεγχάγης

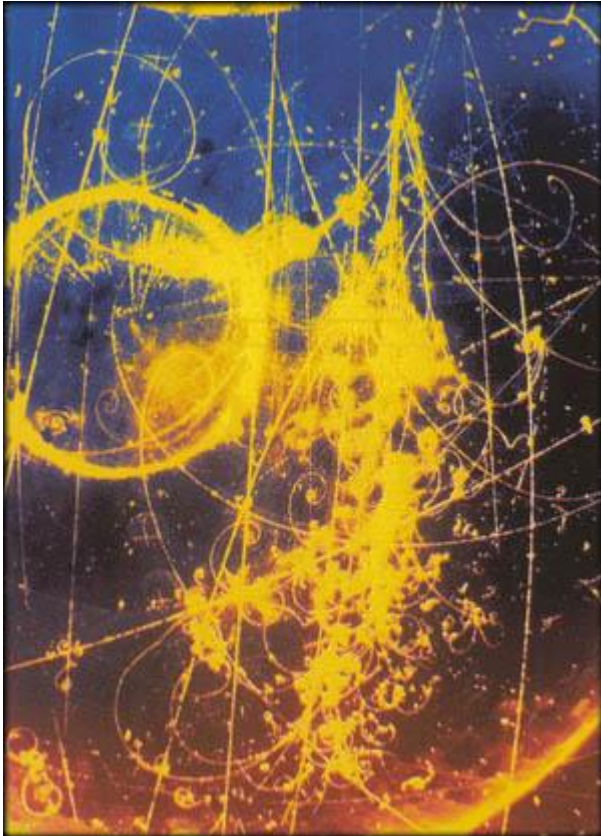
Η άποψη αυτή συνάντησε πολλές αντιδράσεις, κυρίως από τους

Einstein και Schrödinger που αποδέχθηκαν μεν τη μαθηματική διατύπωση

της Κβαντομηχανικής, όμως ήταν ανήσυχοι με την ερμηνεία αυτή.



Η ερμηνεία της Κοπεγχάγης



- Η ερμηνεία της Κοπεγχάγης υποθέτει ότι η μέτρηση είναι που "δημιουργεί" την πραγματικότητα. Αλλά η μέτρηση είναι το αποτέλεσμα που μας δίνει μια ορισμένη συσκευή, η οποία δεν είναι παρά μια συλλογή ατόμων και μορίων. Επομένως και η συσκευή μέτρησης θα πρέπει να περιγραφεί από μια κυματοσυνάρτηση. Αλλά αν συμβεί κάτι τέτοιο, τότε η ίδια η συσκευή δεν θα μπορεί να έχει μια συγκεκριμένη τιμή για όλες τις φυσικές της ιδιότητες (συμπεριλαμβανομένης της ανάγνωσης των μετρήσεων), έως ότου αυτές "μετρηθούν".

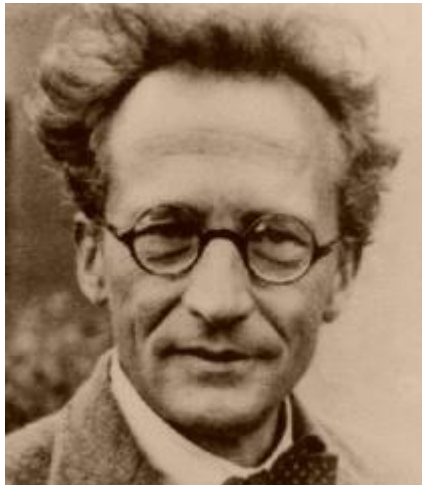
- Αλλά υπάρχει μια άλλη άποψη. Ο Einstein πίστευε ότι η Κβαντομηχανική αν και είναι μια πολύ εντυπωσιακή θεωρία δεν πλήρης. Μας δίνει μια ατελή εικόνα του κβαντικού κόσμου, και πρέπει να υπάρξει κάτι πέρα από την Κβαντομηχανική που θα διευκρινίσει και θα καθαρίσει την παρούσα εικόνα που έχουμε.
- <http://www.physics4u.gr/blog/?p=4043>
- Ο Schrodinger πίστευε ότι, παρά τη μεγάλη επιτυχία της, η κβαντική μηχανική πρέπει να θεωρηθεί ως ένα έξυπνο υπολογιστικό εργαλείο παρά ως μια θεμελιώδης θεωρία. θεώρησε την Κοπεγχάγια ερμηνεία ως μια δικτατορική αυθαιρεσία η οποία εμφανίστηκε σε μια εποχή τρομερής έλλειψης φυσικής μεθοδολογίας και ότι πρέπει να απορριφθεί.

Οι απόψεις της ορθόδοξης ερμηνείας της κβαντικής θεωρίας και οι αντίπαλοι της

- Ανάμεσα στους αντιπάλους αυτού, που μερικές φορές ονομάζεται ή "ορθόδοξη" ερμηνεία της κβαντικής θεωρίας, ο Schrodinger κατέχει ξεχωριστή θέση επειδή θέλησε ν' αποδώσει την "αντικειμενική πραγματικότητα", όχι στα σωματία αλλά στα κύματα και δεν είναι διατεθειμένος να ερμηνεύσει τα κύματα σαν "κύματα πιθανότητας μόνο".
- Παραβλέπει το γεγονός πώς μόνο τα κύματα στο φασικό χώρο (ή οι "μήτρες μετασχηματισμού") είναι κύματα πιθανότητας στη συνηθισμένη ερμηνεία, ενώ τα τρισδιάστατα υλικά κύματα ή τα κύματα ακτινοβολίας δεν είναι. Τα τελευταία είναι τόσο πολύ ή τόσο λίγο "πραγματικά" όπως και τα σωματία.



Η συμβολή του Schrödinger στην αντίδραση προς τη σχολή της Κοπεγχάγης



- Το 1935, άρχισε να αμφισβητεί δημόσια τις «ορθόδοξες» απόψεις, και προσπάθησε να τροποποιήσει και να αναβιώσει τις αρχικές ερμηνείες του. Αυτή η αναβίωση συμπίπτει με τη δημοσίευση των Einstein– Podolsky– Rosen (1935)
- Το 1935 οι Einstein, Podolsky, και Rosen (EPR) παρουσίασαν ένα νοητικό πείραμα βάσει του οποίου υποστήριξαν ότι απέδειξαν πως η κβαντομηχανική δεν είναι πλήρης θεωρία .
- Με αφορμή την δημοσίευση EPR ο Schrodinger δημοσίευσε
 - 1) Δύο τεχνικά άρθρα και ένα μακροσκελές μη μαθηματικό άρθρο, που εξηγεί λεπτομερώς τις αντιρρήσεις του στην Κοπεγχάγεια ερμηνεία
 - 2) Το άρθρο της γάτας του Schrodinger.

- Το θέμα των δύο τεχνικών άρθρων είναι η έννοια της κβαντικής «συσχέτισης». Αυτός είναι ο όρος που χρησιμοποίησε ο Schrodinger για να περιγράψει την κατάσταση που προκύπτει όταν η κυματική συνάρτηση δύο μη αλληλεπιδρόντων μορίων δεν είναι το αποτέλεσμα των κυματοσυναρτήσεων των δύο χωρισμένων μορίων, αλλά του αθροίσματος των αποτελεσμάτων τους. Το απλούστερο παράδειγμα είναι η singlet κατάσταση δύο σωματιδίων με σπιν 1/2:

$$\left\{ |00\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (\uparrow\downarrow - \downarrow\uparrow) \right\} \quad \mathbf{S=0 \text{ (απλό)}}$$

$$X_{0,0}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2}} (X_{-1/2,1/2}^{(1)} - X_{1/2,-1/2}^{(1)})$$

Το νοητικό πείραμα της γάτας του Schrödinger

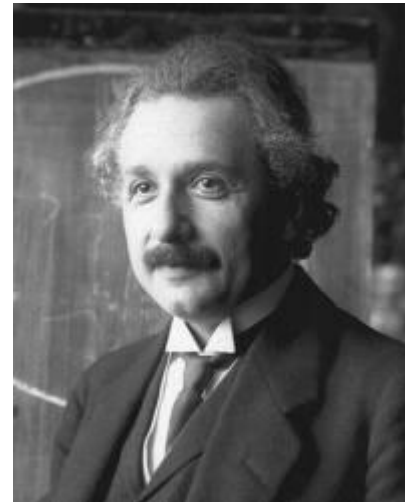
- Το δεύτερο παράδειγμά του είναι η γνωστή περίπτωση της δολοφονίας μιας γάτας από μια συσκευή που προκαλείται από μια ραδιενεργό αποσύνθεση. Μια ζωντανή γάτα τοποθετείται σε ένα κλειστό κουτί που περιέχει ραδιενεργό υλικό, μαζί με μια φιάλη δηλητηρίου. Στο κουτί υπάρχει μια συσκευή τέτοια ώστε αν η ραδιενεργός αποσύνθεση συμβεί, να σπάσει η φιάλη με το δηλητήριο και να πεθάνει η γάτα



- Στον κβαντικό κόσμο τα σωματίδια μπορούν να βρίσκονται σε πολλαπλές τοποθεσίες ταυτόχρονα, και να κάνουν ασυμβίβαστα πράγματα, αλλά και σε πολλαπλές καταστάσεις ταυτόχρονα και να δρουν με τρόπους που να σας κάνουν να ευχόσαστε να μην είσαστε ένας θεωρητικός κβαντικός φυσικός. Αυτή η παράξενη ιδιότητα ονομάζεται «υπέρθωση»
- Έχοντας μελετήσει το πρόβλημα της κατάστασης που βρίσκεται η γάτα μέσα στο κουτί αναρωτιόμαστε υπάρχει τίποτα στο μικρόκοσμο – εκεί έξω – που να είναι πραγματικό;
- Η απάντηση του Niels Bohr είναι όχι. Δεν υπάρχει τίποτα πραγματικό "εκεί έξω" στο κβαντικό επίπεδο. Με κάποιο τρόπο **η πραγματικότητα προκύπτει μόνο σε σχέση με το αποτέλεσμα των "μετρήσεων"**.
- Αυτή είναι η κυρίαρχη άποψη και αυτή που αποδέχεται η πλειοψηφία των φυσικών, που ονομάζεται όπως είδαμε "ερμηνεία της Κοπεγχάγης". Σύμφωνα με αυτή την ερμηνεία δεν υπάρχει τίποτα πραγματικά "εκεί έξω", το οποίο σημαίνει ότι η ανίχνευση ενός ηλεκτρονίου σε μια ορισμένη θέση "δημιουργεί" τη θέση αυτού του ηλεκτρονίου.

«Στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε την πραγματικότητα, μοιάζουμε κάπως με τον άνθρωπο που προσπαθεί να καταλάβει το μηχανισμό ενός κλειστού ρολογιού. Βλέπει την πλάκα και τους κινούμενους δείκτες, ακούει τους κτύπους του, αλλά δεν έχει τρόπο να ανοίξει το κουτί. Αν έχει εφευρετικό μυαλό, θα μπορέσει να φτιάξει κάποια εικόνα του μηχανισμού, που θα την καταστήσει υπεύθυνη για καθετί που παρατηρεί, αλλά ποτέ δεν θα μπορεί να είναι εντελώς βέβαιος πως η εικόνα του είναι η μόνη ικανή να εξηγήσει τις παρατηρήσεις».

Albert Einstein, Leopold Infeld,



Βιβλιογραφία

- <http://www.physics4u.gr/blog/?p=4043>
- <http://dimitris.webgalaxy.gr/science-schrodinger-5.php>
- Miracles, Materialism, and Quantum mechanics Dr. Neil Shenvi -Department of Chemistry-Duke University