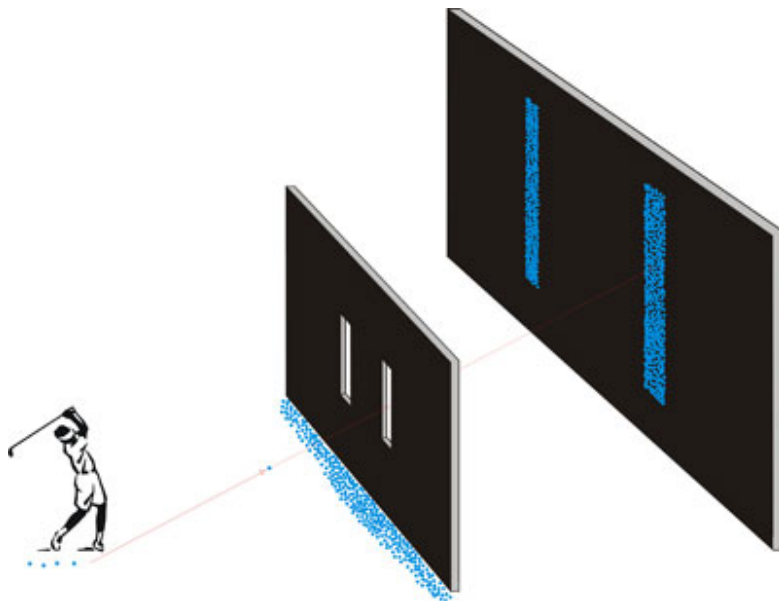


#### 4. ΛΙΓΗ ΦΥΣΙΚΗ ...

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας σηματοδεύτηκε από δύο τουλάχιστον πολύ μεγάλες και σημαντικές θεωρήσεις για τον κόσμο μας. Η πρώτη ήρθε με τον Einstein και την ειδική θεωρία της σχετικότητας. Η προσέγγιση του Einstein για το σύμπαν κατέρριψε το μέχρι τότε ακράδαντο οικοδόμημα της Νευτώνειας Μηχανικής. Ο Einstein πρότεινε και σήμερα είναι γενικά αποδεκτό ότι δεν νοείται ο χώρος χωρίς το χρόνο και ο χρόνος χωρίς το χώρο. Η απλή αυτή διατύπωση κρύβει μέσα τις ορισμένες πολύ παράξενες απόψεις. Κάποιες από αυτές τις είχαμε παρουσιάσει σε προηγούμενη ομιλία. Η πιο σημαντική ίσως άποψη συνοψίζεται ως ακολούθως: Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το σύμπαν ως τρισδιάστατο, λόγω ακριβώς της φύσης του. Με βάση όμως τα λεγόμενα του Einstein, το σύμπαν δεν είναι τρισδιάστατο αλλά τετραδιάστατο. Αυτό σημαίνει απλά ότι την τέταρτη διάστασή του δεν την αντιλαμβανόμαστε παρά μόνον στιγμιαία, αντιλαμβανόμαστε δηλαδή τομές του χώρου με το χρόνο. Αν υπήρχε εκείνο το μαγικό όργανο που θα αντιλαμβανόταν τη δημιουργία και στη χρονική της διάσταση, τότε η άποψη που θα είχαμε για αυτόν τον στέρεο και πραγματικό κόσμο γύρω μας θα άλλαζε ριζικά. Δεν θα υπήρχε αυτό που ονομάζουμε ιστορία γιατί όλη η ιστορία θα ξετυλίγονταν μπροστά μας – από την αρχή μέχρι το τέλος της! Δεν θα υπήρχε τίποτα που να βρίσκεται στο παρελθόν και τίποτα για να περιμένουμε στο μέλλον, διότι απλούστατα δεν υπάρχουν παρελθόν και μέλλον. Βρίσκονται όλα εδώ και τώρα μαζί. Παράξενη ιδέα, έτσι δεν είναι;

Η δεύτερη σημαντική επιστημονική θεώρηση για το κόσμο μας εισήχθη μέσω της κβαντομηχανικής θεωρίας. Τι είναι κατ' αρχήν η κβαντομηχανική; Είναι μια φυσική επιστήμη που ασχολείται με τη συμπεριφορά της ύλης και των κυμάτων σε ατομικές και υποατομικές κλίμακες. Αποτελεί επίσης τη βάση για τη κατανόηση πως υπερμεγέθη αντικείμενα άστρα, γαλαξίες, ή κοσμολογικά γεγονότα όπως το Big Bang μπορούν να αναλυθούν και ερμηνευθούν. Η αποδοχή της από τον επιστημονικό κόσμο σήμερα οφείλεται στις ακριβείς προγνώσεις συστημάτων όπου η Νευτώνεια Μηχανική αποτυγχάνει καθώς και στις πάρα πολλές εφαρμογές της (τρανζίστορ, ακτίνες λέιζερ, κ.λπ.). Εν τούτοις πολλές απόψεις της κβαντομηχανικής έρχονται σε άμεση αντίθεση με την “εμπειρία” μας καθώς και σε αντίθεση με άλλες πετυχημένες θεωρίες όπως η γενική σχετικότητα.

Θα περιγράψουμε στη συνέχεια ένα πολύ απλό αλλά ίσως το σημαντικότερο πείραμα της σύγχρονης φυσικής, το πείραμα των δύο σχισμών. Οι προεκτάσεις του απλού αυτού πειράματος αλλάζουν ολοκληρωτικά τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε (... ή δεν αντιλαμβανόμαστε) το φυσικό κόσμο. Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή του πειράματος θα δώσουμε λίγες υποβοηθητικές έννοιες για τον όρο σωματίδιο και την έννοια κύμα έτσι ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα τα παράξενα αποτελέσματα του πειράματος των δύο σχισμών.

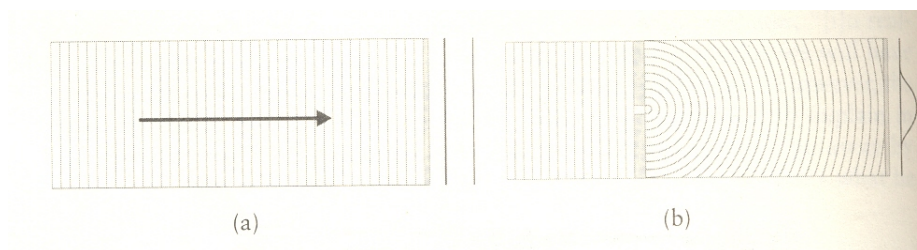


Εικόνα 5: Συμπεριφορά ενός αμιγούς σωματιδίου στο πείραμα των δύο σχισμών

θα είχαμε πολλές εμφανίσεις σφαιριδίων στη νοητή επέκταση της σχισμής κοκ για τρεις, τέσσερις, κ.λπ. σχισμές.

### Σωματίδια και κύματα

Φαντασθείτε ένα γκολφέρ που χτυπάει σφαιρίδια διαμέσου ενός εμποδίου που φέρει μια ή δύο παράλληλες σχισμές, όπως στο σχήμα. Πίσω από το εμπόδιο υπάρχει μια επιφάνεια στην οποία καταγράφονται οι θέσεις των σφαιριδίων όταν αυτά χτυπήσουν πάνω της. Είναι φανερό ότι όταν υπάρχουν δύο σχισμές τότε θα υπάρχουν αντίστοιχα πολλές εμφανίσεις σφαιριδίων στις δύο νοητές επεκτάσεις των σχισμών. Αν είχαμε μια σχισμή τότε



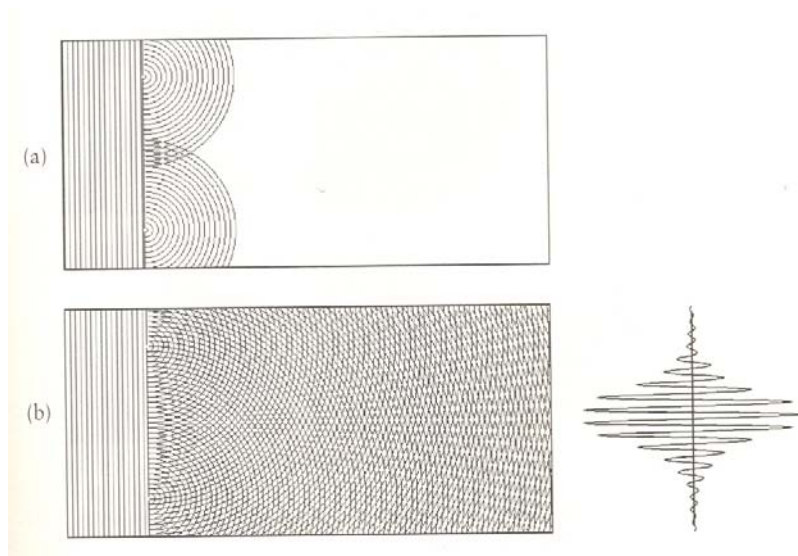
Εικόνα 6: Συμπεριφορά κυματισμού

οποίοι διαδίδονται παράλληλα προς το δεξί άκρο της. Το γράφημα που φαίνεται ακόμα πιο δεξιά στα σχήματα αναπαριστά την κατανομή του ύψους των κυματισμών που φθάνουν στο δεξί τοίχωμα.

Τώρα ας εξετάσουμε ένα παρόμοιο πείραμα με νερό μέσα σε μία ορθογώνια δεξαμενή. Μία συσκευή στα αριστερά της δεξαμενής παράγει κυματισμούς οι

Αρχικά διενεργούμε το πείραμα χωρίς εμπόδιο, αριστερά στην εικόνα 6, και με εμπόδιο που φέρει μια σχισμή, δεξιά στην εικόνα 6. Το ύψος του κύματος, η μέγιστη δηλαδή μετατόπιση της ελεύθερης επιφάνειας προς τα πάνω ή κάτω, μειώνεται καθώς ο κυματισμός ταξιδεύει προς το δεξί άκρο της δεξαμενής. Αυτή τη φορά η κατανομή του ύψους είναι πιο πλατιά σε σχέση με την κατανομή των σφαιριδίων, όμως διατηρεί παραπλήσιο σχήμα.

Το σχήμα της εικόνας 7 δείχνει το τι συμβαίνει στην περίπτωση που το εμπόδιο φέρει δύο σχισμές.

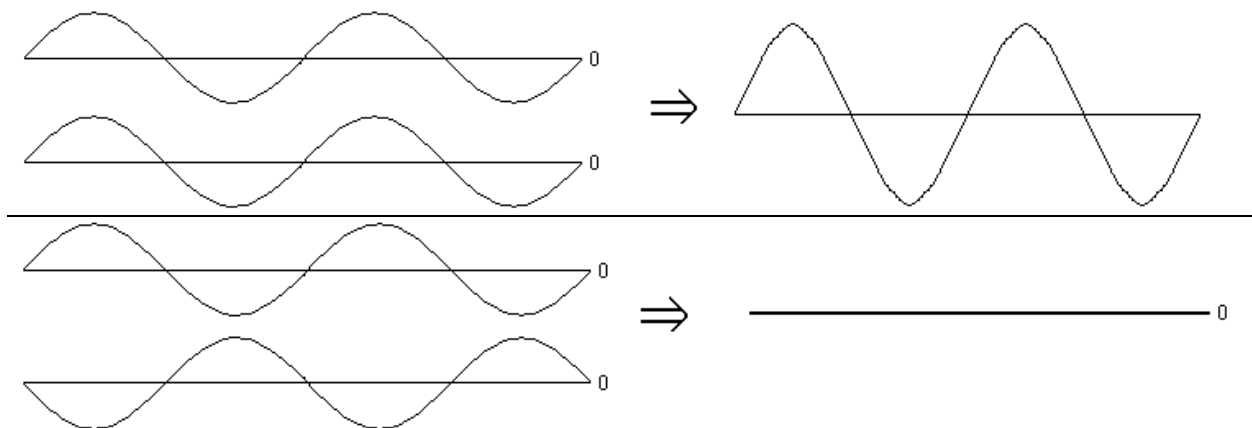


Εικόνα 7: Συμπεριφορά κυματισμού (διάθλαση και συμβολή)

“διασταυρώνονται”, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Κατά συνέπεια στο τέλος της δεξαμενής έχουμε περιοχές διπλών κορυφών και διπλών κοιλάδων που διαχωρίζονται από περιοχές στις οποίες οι κορυφές και οι κοιλάδες αλληλοαναιρούνται. Στην περίπτωση των δύο σχισμών, η έκβαση του πειράματος με τα σφαιρίδια και αυτή του πειράματος με το νερό είναι, συγκριτικά, εντελώς διαφορετικές. Θα ήταν πραγματικά αδιανόητο να περιμέναμε ότι απλά σφαιρίδια που εκτοξεύονται διαμέσου δύο σχισμών θα μπορούσαν να προκαλέσουν το μοτίβο που παρατηρήσαμε στο αντίστοιχο πείραμα των κυματισμών. Αντίστοιχα, θα ήταν αδιανόητο να περιμέναμε πως δύο κυκλικά και συνεχώς διαδιδόμενα και αλληλεπιδρώντα κύματα θα μπορούσαν να παράγουν δύο ανεξάρτητα σημάδια όπως στο αντίστοιχο πείραμα των σφαιριδίων. Αυτό συμβαίνει επειδή τα σφαιρίδια και οι κυματισμοί δεν είναι απλά διαφορετικά αντικείμενα αλλά διαφορετικές κατηγορίες αντικειμένων. Ο κυματισμός είναι ένα μοτίβο, μια μορφή που διαδίδεται και αποτελείται από πολλά αλληλεπιδρώντα αντικείμενα. Το σφαιρίδιο είναι απλά ένα αντικείμενο. Επίσης, το γεγονός πως και τα σφαιρίδια και οι κυματισμοί δείχνουν να κινούνται από τα αριστερά προς τα δεξιά, είναι πολύ παραπλανητικό. Μόνον τα σφαιρίδια κινούνται πραγματικά προς τα δεξιά. Τα μόρια του νερού, αυτά καθ’ αυτά, από τα οποία αποτελείται ο κυματισμός δεν κινούνται καθόλου προς τα δεξιά, παρά μόνον κατακόρυφα. Αυτό που κινείται προς τα δεξιά δεν είναι τίποτε άλλο παρά μόνον ένα μοτίβο, μια μορφή. Ακριβώς επειδή οι κυματισμοί δεν είναι πράγματα αλλά μοτίβο, δεν λέμε ότι οι κυματισμοί κινούνται αλλά ότι διαδίδονται. Το τι θα πει αλληλεπίδραση που είναι όπως είπαμε χαρακτηριστικό των κυματισμών φαίνεται για μια απλή περίπτωση στην Εικόνα 8.

Το αποτέλεσμα των διαδιδόμενων κυματισμών, η αρχή του οποίου φαίνεται αριστερά και η συνέχεια του δεξιά, διαφέρει δραματικά από το αποτέλεσμα του πειράματος με τα σφαιρίδια. Οι κυματισμοί συνίστανται από συνεχώς εναλλασσόμενες κορυφές και κοιλάδες, πάνω και κάτω από την στάθμη της αδιατάραχτης επιφάνειας.

Η βασική διαφορά στην περίπτωση των δύο σχισμών είναι ότι καθώς οι κυματισμοί



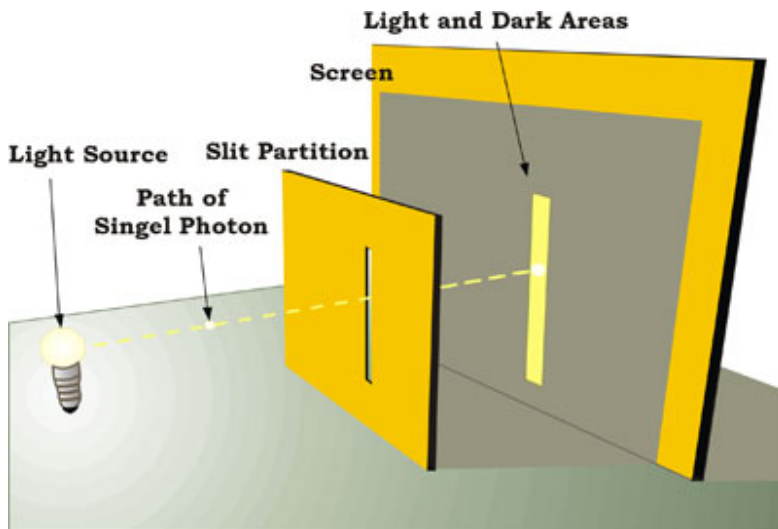
Εικόνα 8: Αλληλεπίδραση κυματισμών (συμβολή)

Ακόμη, ενώ τα σφαιρίδια κατέχουν κάθε χρονική στιγμή μια και μόνο συγκεκριμένη θέση στο χώρο, οι κυματισμοί εξαπλώνονται σε μεγάλους κύκλους που στην ιδεατή περίπτωση είναι άπειροι. Μπορεί σε κάποια σημεία οι κυματισμοί να διακρίνονται καλύτερα, όμως σε καμία περίπτωση δεν κατέχουν μία και μόνο συγκεκριμένη θέση – όπως θα λέγαμε, είναι παντού. Μία μπάλα που κινείται μέσα σε ένα κλειστό κουτί, έχει συνεχώς διαφορετική αλλά συγκεκριμένη θέση εντός του κουτιού. Ένας κυματισμός που διαδίδεται μέσα σε ένα κλειστό κουτί, το γεμίζει όλες τις στιγμές και αλλάζει συνεχώς μοτίβο καθώς αλληλεπιδρά με τον εαυτό του. Τέλος, τα σφαιρίδια αποτελούνται από ύλη, σε αντίθεση με τους κυματισμούς οι οποίοι δεν είναι υλικοί (είναι απλά ένα μοτίβο): δεν αποτελούνται ούτε καν από νερό, αφού αυτό είναι μόνο το μέσο πάνω στο οποίο διαδίδονται. Έτσι, αν κάποιος ακολουθήσει έναν κυματισμό και τον θεωρήσει ως νερό που κινείται, το θα πρέπει να δεχθεί πως και το νερό πίσω του με κάποιον τρόπο ανανεώνεται..., πράγμα που ξέρουμε ότι δεν συμβαίνει. Σε συντομία, εάν κάτι παράγει μοτίβα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, τότε πρέπει αυτό να είναι κυματισμός: δηλαδή, ένα μοτίβο (pattern) ανεξάρτητο της ύλης που διαδίδεται μέσα σε ένα μέσο ικανό να ταλαντώνεται ή να πάλλεται στο χώρο.

#### Το πείραμα των δύο σχισμών <sup>(1)</sup>

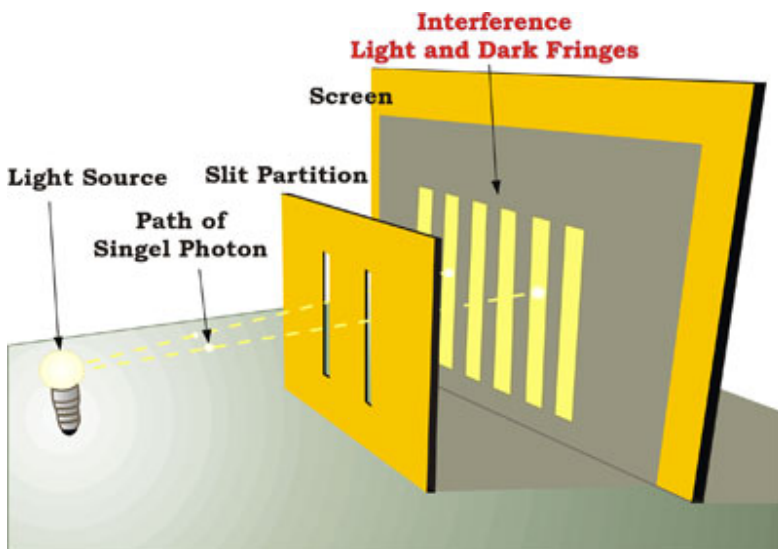
Θα επαναλάβουμε τώρα το πείραμα με τις δύο σχισμές με μια μικρή παραλλαγή. Θα ρίξουμε μέσα από μια σχισμή το φως ενός φακού, ή πιο επιστημονικά θα ρίξουμε φωτόνια πάνω στο παραπέτασμά μας. Αυτό που θα παρατηρήσουμε σε ένα φιλμ πάνω στο σκοτεινό τοίχο απέναντι είναι ότι υπάρχει μια φωτεινή λωρίδα που κάπου στο κέντρο της έχει ισχυρό φωτισμό και σιγά – σιγά καθώς πηγαίνουμε προς τα άκρα η φωτεινότητα εξασθενίζει. Το πείραμα αυτό αποκαλύπτει τη σωματιδιακή φύση του φωτός, δηλαδή τα φωτόνια παρουσιάζουν τη σωματιδιακή τους φύση και αφήνουν τα ίχνη τους πάνω σε μια λωρίδα, όπως ακριβώς στην περίπτωση με τα μπαλάκια του γκολφ. Βλ. Εικόνα 9.

<sup>(1)</sup> Η τελευταία φορά που επαναλήφθηκε αυτό το πείραμα ήταν από επιστήμονες της Hitachi το 1989.



Εικόνα 9: Διέλευση φωτονίων από μια σχισμή

αυτό εμφανίζεται το μοτίβο των εναλλάξ περιοχών που περιγράψαμε παραπάνω. Χρειάζονται αρκετά φωτόνια ταυτόχρονα ώστε να υπάρξει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η ιδιαιτερότητα εδώ είναι ότι τελικά επάνω στο φιλμ φαίνεται να προσπίπτουν σωματίδια γιατί αφήνουν σαφή ατομικά ίχνη.



Εικόνα 10: Διέλευση φωτονίων από δύο σχισμές

κύματα. Θα πείτε ίσως ότι και αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό εδώ και 100 χρόνια. Το φως έχει σωματιδιακές και κυματικές ιδιότητες ταυτόχρονα. Έτσι αλλού τα κύματα των (πολλών) φωτονίων αφού περάσουν από τις σχισμές συμβάλλουν (δηλαδή έχουμε συνταύτιση των

Ανοίγουμε τώρα μια δεύτερη σχισμή και ξανακάνουμε το ίδιο πείραμα. Τότε η εικόνα που θα πάρουμε μετά από λίγη ώρα, θα είναι η εικόνα που αντιστοιχεί σε ένα κυματικό φαινόμενο, δηλαδή εναλλάξ εμφάνιση φωτεινών περιοχών - σκοτεινών περιοχών - φωτεινών περιοχών κ.ο.κ. Βλ. Εικόνα 10. Το μοτίβο αυτό που εμφανίζεται οφείλεται στην αλληλεπίδραση των φωτονίων μεταξύ τους, τα οποία (ως κύματα) αλλού ενισχύονται και αλλού αλληλοαναιρούνται και γι'

Από πολλά ίχνη μαζί όμως σχηματίζεται το μοτίβο των λωρίδων που παρατηρούμε τελικά πάνω στην επιφάνεια του φιλμ<sup>(2)</sup> που μας υποχρεώνει να θεωρήσουμε ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των φωτονίων και άρα κυματική συμπεριφορά. Τα ίδια τα κύματα πάντως δεν είναι απευθείας παρατηρήσιμα - ανιχνεύονται μόνο μέσω του μοτίβου που δημιουργούν πάνω στο φιλμ. Έτσι λοιπόν το άνοιγμα της δεύτερης σχισμής “ωθεί” τα φωτόνια να συμπεριφέρονται ως

(<sup>2</sup>) Κάθε χτύπημα στο φιλμ φαίνεται να είναι τυχαίο όμως αν τα θεωρήσουμε όλα μαζί θα δούμε ότι υπάρχει μια φανερή κατανομή (μοτίβο).

κυματικών κορυφών όπως στο νερό μέσα στη δεξαμενή), οπότε έχουμε φωτεινές λωρίδες και αλλού αλληλοαναιρούνται (δηλαδή έχουμε συνταύτιση των κυματικών κορυφών με τις κοιλάδες όπως στο νερό μέσα στη δεξαμενή), οπότε έχουμε σκοτεινές λωρίδες.

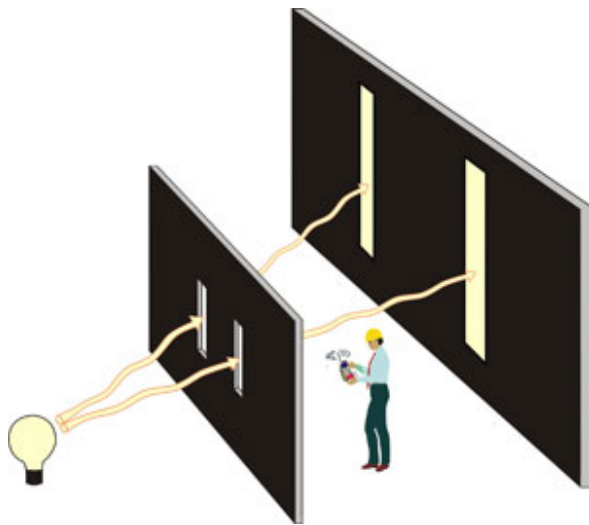
Θα κάνουμε τώρα το ίδιο πείραμα με μια μικρή παραλλαγή. Θα αφήσουμε πολύ αδύνατο φως να πέφτει πάνω στο παραπέτασμα και πίσω από αυτό θα έχουμε ένα μεγάλης ευαισθησίας φωτογραφικό φιλμ ώστε να γνωρίζουμε επακριβώς τι συμβαίνει. Στην πραγματικότητα αυτό που κάνουμε με το αδύνατο φως είναι να αφήνουμε ένα-ένα φωτόνιο να εκπέμπεται και προσέξτε γιατί αυτό έχει σημασία.

Στην αρχή ξεκινάμε το πείραμα με μια μόνο σχισμή και αφήνουμε το πρώτο φωτόνιο. Κτυπά κάπου και αφήνει μία κηλίδα πάνω στο φιλμ μας. Το επόμενο φωτόνιο χτυπά κάπου αλλού και αφήνει μια άλλη κηλίδα. Αφού έχουν εκτοξευθεί αρκετά φωτόνια έχει αρχίσει να σχηματίζεται σιγά-σιγά το γνωστό μας μοτίβο της μιας σχισμής. Μια έντονα φωτισμένη κηλίδα στο ύψος της σχισμής και μετά καθώς απομακρυνόμαστε από εκεί η κηλίδα γίνεται όλο και πιο ασθενής. Έτσι λοιπόν τα φωτόνια φαίνεται να συμπεριφέρονται σαν σωματίδια αφήνοντας καθαρά τα ατομικά τους ίχνη πάνω στο φιλμ. Μέχρι εδώ λοιπόν έχουμε τα αποτελέσματα που αναμέναμε να έχουμε. Δοκιμάζουμε τώρα το ίδιο πείραμα με δύο σχισμές. Αναμένουμε βέβαια ότι η δεύτερη σχισμή δεν μπορεί να έχει κάποια επίδραση στο ένα (προσοχή!) φωτόνιο που ταξιδεύει μόνο του... και επίσης αναμένουμε ότι εφόσον το φωτόνιο θα περάσει από τη μια ή την άλλη σχισμή θα αφήσει το ίχνος του στο φιλμ ως μια φωτεινή κηλίδα.

Έτσι, στο τέλος του πειράματος, αναμένουμε ότι θα έχουμε δύο φωτεινές κηλίδες - μια για τη κάθε σχισμή, όπως ακριβώς στην περίπτωση με τα μπαλάκια του γκολφ. Αφήνουμε λοιπόν ένα - ένα και σιγά-σιγά τα φωτόνια να φεύγουν και μετά από κάποιο χρόνο αρχίζει να σχηματίζεται ένα γνώριμο μοτίβο. Φωτισμένες περιοχές - σκοτεινές περιοχές - φωτισμένες περιοχές - σκοτεινές περιοχές, κοκ. Η κυματική φύση των φωτονίων λοιπόν εμφανίζεται ξανά. **Εδώ όμως χρειάζεται προσοχή.** Οι σκοτεινές (αντίστοιχα φωτεινές) περιοχές που είχαμε περιγράψει στα προηγούμενα πειράματα είχαμε πει ότι δημιουργούνται όταν δύο (τουλάχιστον) φωτόνια αλληλοεξουδετερώνονται (ή υπερτίθενται) - το ένα ακυρώνει (ή ενισχύει) το άλλο. Στο τωρινό όμως πείραμα δεν υπάρχουν ποτέ δύο φωτόνια μαζί. Τα στέλναμε ένα-ένα και με αργό ρυθμό. Η έκβαση του πειράματος θα είναι η ίδια όσο χρονικό διάστημα μεσολαβήσει μεταξύ των εκτοξεύσεων - ακόμα και χρόνια. Άρα τι είναι αυτό που αλληλεπιδρά με τι; Μήπως το φωτόνιο χωρίζεται στα δύο<sup>(3)</sup> περνά και από τις δύο σχισμές και πίσω από τις σχισμές αλληλεπιδρά με τον εαυτό του; Η υπόθεση αυτή, ακούγεται ως μια λογική ερμηνεία του φαινομένου. Το συμπέρασμα πάντως που προκύπτει από τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος είναι ότι και το ένα φωτόνιο **από μόνο του έχει και** κυματική φύση (δεν χρειάζεται δηλαδή απαραίτητα μεγάλο πλήθος φωτονίων για να εμφανισθούν τα κυματικά χαρακτηριστικά). Έτσι, πάνω στο φιλμ έχουμε εκδηλωμένα μοναδικά ίχνη που δηλώνουν σωματίδια αλλά και εμφάνιση κυματικών χαρακτηριστικών με τη μορφή μοτίβου (κυματική αλληλεπίδραση).

---

<sup>(3)</sup> Και έτσι έχουμε το ίδιο φωτόνιο σε δύο σημεία ταυτόχρονα



Εικόνα 11: Διέλευση φωτονίων από δύο σχισμές με παρουσία παρατηρητή

σκοτεινιάζει πηγαίνοντας προς τα άκρα της –μία λωρίδα για κάθε σχισμή. Βλ. Εικόνα 11. Δηλαδή: όταν δεν παρατηρούμε τα φωτόνια **στη σχισμή** (δηλαδή δεν ξέρουμε από ποια σχισμή περνάνε) έχουμε κυματική συμπεριφορά. Όταν αρχίσουμε να τα μετράμε **στη σχισμή** (δηλαδή να ξέρουμε από ποια σχισμή περνάνε) έχουμε σωματιδιακή συμπεριφορά. Είτε βγάζετε άκρη είτε όχι τα πειραματικά αποτελέσματα λένε ότι μόλις παρατηρήσουμε τα φωτόνια, δηλαδή μόλις πέσει φως επάνω τους, αυτά αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο εκδηλώνονται.

Το πείραμα που μόλις περιγράψαμε είναι ένα από τα σπουδαιότερα πειράματα της σύγχρονης φυσικής έχει επαναληφθεί εκατοντάδες φορές και η ερμηνεία του αποτελεί το ιερό δισκοπότηρο της επιστήμης της Κβαντομηχανικής. Ένα από τα μεγαλύτερα σημερινά προβλήματα της φυσικής με επέκταση στο μέσο άνθρωπο και τον τρόπο που αντιλαμβάνεται την δημιουργία είναι η, πέρα από το μαθηματικό φορμαλισμό, ερμηνεία των κβαντομηχανικών αποτελεσμάτων.

### Η ερμηνεία της σχολής της Κοπεγχάγης

Η ερμηνεία που δίνεται φορμαλιστικά από την κβαντομηχανική στο πείραμα με τα μοναχικά φωτόνια που μόλις περιγράψαμε είναι ότι μαζί με το φωτόνιο θα πρέπει να περνά και “κάτι” άλλο το οποίο αλληλεπιδράσε με το φωτόνιο. Αυτό το “κάτι” πρέπει να σχετίζεται με κάποιου είδους κύμα γιατί έχουμε μια τέλεια κυματική αλληλεπίδραση στο πείραμα. Αλλά τι είδους κύμα; Δεν μπορεί να είναι κύμα φωτός γιατί το έχουμε αποκλείσει. Στο φιλμ επάνω έχουμε μόνον ένα ίχνος του φωτονίου (εμφάνιση σωματιδιακής συμπεριφοράς). Άρα κάποιο άλλο είδος κύματος φαίνεται ότι είναι μπλεγμένο στην υπόθεση ...

Αυτό το νέο είδος “κύματος”, κατά την ερμηνεία της σχολής της Κοπεγχάγης, είναι η *κυματοσυνάρτηση  $\Psi$*  ή *κυματοσυνάρτηση του Schrödinger*. Στην πραγματικότητα όταν απελευθερώσαμε το πρώτο φωτόνιο αυτό που βγήκε από το φακό μας είναι και ένα κύμα  $\Psi$  με

Ας υποθέσουμε ότι το ένα φωτόνιο δεν είναι τελικά σωματιδιακού χαρακτήρα ακόμα και αν αφήνει τέτοια σημάδια πάνω στο φιλμ. Ας υποθέσουμε ότι είναι πλήρως κυματικού χαρακτήρα (άλλωστε ποτέ κανείς δεν έχει “δει” ένα φωτόνιο). Φτάσαμε τώρα στο κρισιμότερο σημείο: θα προσπαθήσουμε να παρατηρήσουμε τα φωτόνια που περνάν από τις σχισμές (**παρατηρώντας τα πάνω στις σχισμές**) έτσι ώστε να ξέρουμε πόσα φωτόνια περνάνε από κάθε σχισμή.

Τι νομίζετε ότι θα βρούμε; Κάτι τελείως αναπάντεχο. Τα φωτόνια παύουν να φέρονται σαν κύματα και αυτό που βλέπουμε τώρα στο τοίχο είναι η γνωστή φωτεινή λωρίδα που σιγά-σιγά

όλες τις γνωστές ιδιότητες ενός κύματος (ΜΗ-παρατηρήσιμο). Σύμφωνα με την ερμηνεία της σχολής της Κοπεγχάγης η κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  αναπαριστά (περιγράφει) την πιθανότητα να βρίσκεται το φωτόνιο σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη θέση. Σε αυτή τη φάση το ερώτημα “που βρίσκεται το φωτόνιο” δεν επιδέχεται απάντηση <sup>(4)</sup>, γιατί απλούστατα το φωτόνιο υπάρχει μόνον σε μορφή κυματιδίου που διαδίδεται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση στο χώρο. Το κυματίδιο δεν μπορεί ποτέ να παρατηρηθεί επακριβώς, λόγω της αρχής της απροσδιοριστίας του Heisenberg. Οποιαδήποτε παρατήρηση του κυματιδίου θα το “αναγκάσει” να εκδηλωθεί ως σωματίδιο. Η κατάσταση λοιπόν αυτή του φωτονίου (σωματίδιο και κύμα εν δυνάμει) ονομάζεται συναφής υπέρθεση (coherent superposition) και είναι μη-παρατηρήσιμη. Μέχρις ότου παρατηρήσουμε το φωτόνιο αυτό δεν είναι στη μία ή την άλλη θέση, απλά έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί σε κάποιες παρά σε κάποιες άλλες θέσεις, όταν παρατηρηθεί. Με αυτόν τον τρόπο εξηγείται η κυματική αλληλεπίδραση του μοναχικού φωτονίου μας.

Και τότε σε κάποιο σημείο μετρούμε (παρατηρούμε) πράγματι τη θέση του φωτονίου (μέσω κατάλληλης πειραματικής συσκευής). Η ίδια η παρατήρηση τώρα ωθεί το φωτόνιο να “επιλέξει” με βάση τις πιθανότητες που περιγράφονται από τη συνάρτηση  $\Psi$ , που στην πραγματικότητα θα εμφανισθεί ως εντοπισμένο σωματίδιο. Η πράξη της παρατήρησης προκαλεί αυτό που ονομάζουμε *κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης* – δεν υπάρχει πλέον *πιθανότητα* θέσης υπάρχει *ακριβής* θέση στο χώρο και άρα εμφάνιση του φωτονίου ως σωματιδίου. Η έννοια κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης είναι απλά η *argo* της κβαντομηχανικής. Δεν υπάρχει κάτι που καταρρέει στην πραγματικότητα – απλά η συνάρτηση  $\Psi$  υπάρχει (έχει λόγο ύπαρξης) μόνον για εν δυνάμει φαινόμενα, όχι για φαινόμενα που έχουν πια παρατηρηθεί. Μόλις η παρατήρηση ολοκληρωθεί (μέσω της μέτρησης) τότε το φωτόνιο περνά πάλι στη κατάσταση της συναφούς υπέρθεσης και μπορεί να “βρίσκεται” σε πολλά σημεία ταυτόχρονα – αόρατο πάντως από εμάς.

Ας ξαναδούμε τώρα με αυτό το πρίσμα το πείραμά μας με τις δύο σχισμές. Μόλις εκτοξεύσουμε ένα φωτόνιο, η κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  “εκτοξεύεται” και αυτή, περνά μέσα και από τις δύο σχισμές και πίσω στο τοίχο και δημιουργεί ένα μοτίβο όχι φωτός αλλά πιθανότητας (όμοιο με το μοτίβο του φωτός, ονομάζεται κατανομή πιθανότητας). Στο φιλμ που έχουμε τοποθετήσει στον τοίχο, το φωτόνιο “μετράται” και κατά συνέπεια η κυματοσυνάρτησή του καταρρέει: το φωτόνιο πρέπει πια να “επιλέξει” που θα εμφανισθεί. Οι περιοχές που εμφανίζεται είναι περιοχές μεγάλης πιθανότητας, οι περιοχές που δεν εμφανίζεται καθόλου είναι περιοχές μηδενικής πιθανότητας, ενώ οι ενδιάμεσες περιοχές έχουν μεσαίες πιθανότητες για την εμφάνιση του φωτονίου.

Όταν τώρα εμείς παρατηρήσουμε τι συμβαίνει **πάνω στις σχισμές** θα έχουμε πρόωρη κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης (η παρατήρηση γίνεται νωρίτερα). Άρα το φωτόνιο πρέπει να “επιλέξει” τώρα πολύ νωρίτερα που θα εμφανισθεί, δηλαδή από **ποια σχισμή θα περάσει**. Η μία πιθανότητα είναι 1 και η άλλη πιθανότητα είναι 0. Γι’ αυτό το λόγο δεν έχουμε εδώ κυματική συμπεριφορά αλλά σωματιδιακή και αναγόμαστε στην περίπτωση του πειράματος με τη μια σχισμή.

Όσον αφορά το τι είναι η κυματοσυνάρτηση, κανείς σε αυτόν τον κόσμο δεν μπορεί να σας

<sup>(4)</sup> Σε πολύ χοντρό επίπεδο είναι το ίδιο -κενό νοήματος- ερώτημα με το «τι αριθμό έφερε το ζάρι;» που ... δεν ρίξαμε ακόμα.



απαντήσει – ούτε ο ίδιος ο Stephen Hawking. Είναι ένα από τα αυτά τα επινοήματα της φυσικής – όπως επινοήματα τελικά είναι και οι όροι ενέργεια, μάζα, κ.λπ., η οποία όμως δίνει ικανοποιητική ερμηνεία σε όλα τα παράξενα φαινόμενα της κβαντικής μηχανικής. Αυτά έβλεπε και άκουγε ο Einstein στην εποχή του και κυνήγησε (ευγενικά είναι η αλήθεια ...) τόσο πολύ τους θεμελιωτές της κβαντομηχανικής, όσο και ο ίδιος είχε κάποτε κυνηγηθεί από τους συναδέλφους του για τη θεωρία της σχετικότητας. Στο πλαίσιο αυτής της διαμάχης ο Einstein εξέφρασε την περίφημη ρητορική ερώτησή του “παίζει ο θεός ζάρια;”, μη δεχόμενος την τυχαιότητα σε ένα αιτιοκρατικό σύμπαν.

Συνοψίζοντας λοιπόν έχουμε:

- Όταν παρατηρούμε, και μόνον τότε, ένα κβαντικό αντικείμενο έρχεται σε ύπαρξη σε μια συγκεκριμένη θέση ως σωματίδιο. Η κυματοσυνάρτηση προσδιορίζει τη θέση ή τις θέσεις που έχουμε τις μεγαλύτερες πιθανότητες να το εντοπίσουμε (όταν δεν το παρατηρούμε). Το προς τα που κινείται το αντικείμενο δεν μπορούμε να το γνωρίζουμε.
- Όταν δεν παρατηρούμε, το κβαντικό αντικείμενο διαχέεται και υπάρχει την ίδια χρονική στιγμή σε πολλά σημεία, ως συναφής υπέρθεση, με τον ίδιο τρόπο που ένα σύννεφο υπάρχει σε πολλά σημεία ταυτόχρονα. Σε αυτή τη κατάσταση (κυματιδιακού χαρακτήρα) το αντικείμενο δεν μπορεί να παρατηρηθεί. Δηλαδή:
  - Δεν μπορούμε ποτέ να παρατηρήσουμε άμεσα την κυματική όψη ενός κβαντικού αντικειμένου. Η κυματική όψη δεν εκδηλώνεται άμεσα **ποτέ**. Υπάρχει μόνον στην υπερβατική πραγματικότητα (ο Heisenberg ονόμαζε αυτή την πραγματικότητα *potentia*) και η ύπαρξη αυτή εκδηλώνεται μόνον μέσω ορισμένων προϊόντων της (διάθλαση ή περίθλαση). Η *potentia* πρέπει να βρίσκεται έξω από το χωρόχρονο γιατί η παρατήρηση προκαλεί **άμεση** κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης.

### Η αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg

Μια άλλη σημαντική άποψη της κβαντομηχανικής που σχετίζεται άμεσα με τα αποτελέσματα του πειράματος των δύο σχισμών οφείλεται στον Heisenberg και την περίφημη *αρχή της απροσδιοριστίας* (*uncertainty principle*). Θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε με απλά λόγια τι λέει αυτή η αρχή: Ένα κβαντικό σωματίδιο δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει κάποια συγκεκριμένη θέση πάνω στη τροχιά του. Μάλλον πρέπει να περιγραφεί σε κάθε σημείο στο οποίο πιθανόν μπορεί να υπάρξει. Κάθε προσπάθεια μέτρησης της ταχύτητάς του και της θέσης του είναι αδύνατη καθόσον η μέτρηση του ενός χαρακτηριστικού επιφέρει απροσδιοριστία στο άλλο. Έτσι, δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε ποτέ τις αρχικές συνθήκες ενός ηλεκτρονίου και άρα δεν μπορούμε να υπολογίσουμε ποτέ με ακρίβεια την “τροχιά” του.

Η εύλογη άποψη που μπορεί να διατυπώσει εδώ κάποιος είναι ότι το κβαντικό αντικείμενο **πρέπει** κάπου να βρίσκεται, απλά δεν ξέρουμε που. Αλλά τα πράγματα είναι ακόμη χειρότερα: Δεν μπορούμε ούτε καν να καθορίσουμε τη θέση του αντικειμένου στο κλασσικό χωρο-χρονικό πεδίο.

Η βασική φιλοσοφική ιδέα της αρχής της αβεβαιότητας λέει ότι η πράξη της παρατήρησης από

μόνη της μεταβάλλει το παρατηρούμενο. Ο Heisenberg δεν υπαινίχθηκε κάτι για την άμεση επίδραση της συνείδησης του ανθρώπου στο αντικείμενο της παρατήρησης. Η διατύπωση του Heisenberg αναφέρεται στον μικρόκοσμο, στο κόσμο των υποατομικών σωματιδίων. Αυτό δεν αποκλείει βέβαια, σε κάποιο βαθμό, αντίστοιχες προεκτάσεις και στον μακρόκοσμο. Στη συνέχεια αρκετοί φυσικοί υποστήριξαν τη θέση ότι είναι ο ίδιος ο ανθρώπινος νους ο οποίος επηρεάζει την ύλη και κατά συνέπεια και κάθε αντικείμενο παρατήρησης.

## 5. ΥΠΕΡΒΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ;

### Το πείραμα Aspect

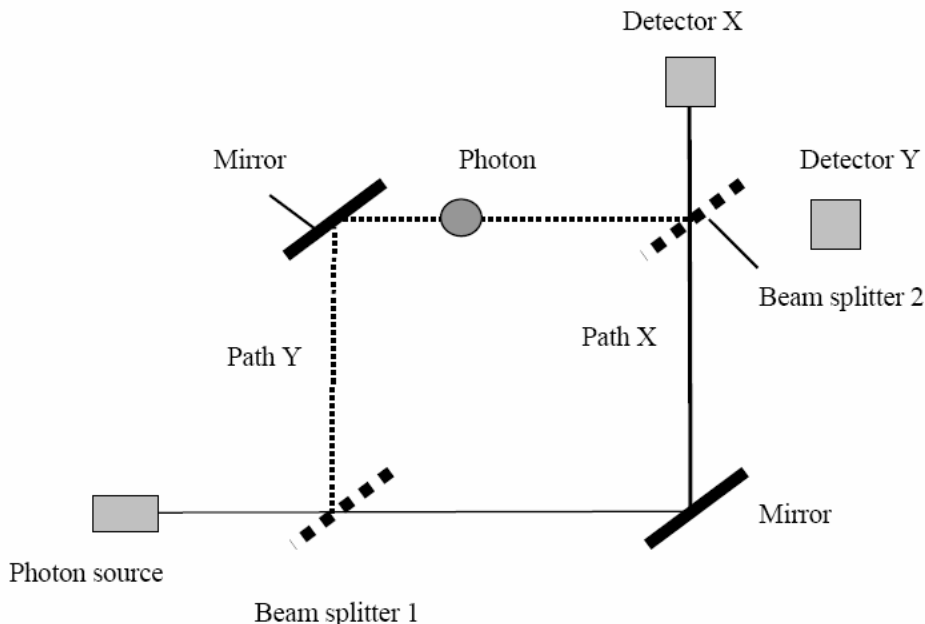
Με το θέμα της συσχέτισης μεταξύ κβαντικών αντικειμένων σχετίζεται ένα πείραμα που έγινε το 1982 από τρεις φυσικούς τους Aspect, Dalibard και Roger στο Ινστιτούτο Οπτικής στο Πανεπιστήμιο του Παρισιού. Τα αποτελέσματα του πειράματος, παρόλο που δεν τα γνωρίζει πολύς κόσμος, θεωρούνται ίδιας σημασίας με τη θεωρία εξέλιξης του Δαρβίνου, ή τις ανακαλύψεις του Κοπέρνικου. Οι επιστήμονες αυτοί θέρμαναν με ακτίνες λέιζερ άτομα ασβεστίου. Όταν τα άτομα αυτά θερμαίνονται απελευθερώνουν τα γνωστά μας φωτόνια για τα οποία υπήρχαν εικασίες ότι έχουν ιδιότητες διδύμων, που σημαίνει ότι αν κάποτε τα σωματίδια αυτά βρεθούν για κάποιο λόγο με μια συσχέτιση (συνάφεια) το ένα σωματίδιο θα “θυμάται” κατά κάποιο τρόπο το άλλο για πάντα και άσχετα από την απόσταση που τα χωρίζει. Έτσι υπέθεταν οι φυσικοί ότι αν συμβαίνει κάτι στο ένα σωματίδιο το άλλο θα το αντιλαμβάνονταν. Όντως στο πείραμα αυτό οι επιστήμονες μετρούσαν την πόλωση δηλαδή τη γωνία προσανατολισμού του κύματος φωτός. Πράγματι, μετρώντας οι επιστήμονες την πόλωση του φωτός βρήκαν ότι κάθε στιγμή που γίνεται μέτρηση στη γωνία πόλωσης στο ένα φωτόνιο, το άλλο φωτόνιο το “γνωρίζει” και αποκτά κάποια κατάλληλη γωνία πόλωσης με πολύ συγκεκριμένη σχέση με την πρώτη. Κάθε ένα δηλαδή από αυτά τα δύο αυτά σωματίδια, με κάποιο τρόπο, “γνωρίζει” ακριβώς το τι συμβαίνει στο άλλο. Μάλιστα, η ταχύτητα με την οποία το ένα φωτόνιο πληροφορούταν για το τι συμβαίνει στο άλλο φωτόνιο ήταν πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός (υποδεικνύοντας ένα φαινόμενο που συμβαίνει έξω από το χωρο-χρονικό πλαίσιο!). Αν θέλετε να φαντασθείτε το ανάλογο αυτού του πειράματος στο μακρόκοσμο σκεφτείτε το εξής: Βρίσκεστε εσείς εδώ στη γη και ένα αγαπημένο σας πρόσωπο σε κάποιον άλλο γαλαξία πολύ μακριά από το δικό μας. Μόλις το αγαπημένο πρόσωπο σκεφτεί ότι θα επιθυμούσε μια σοκολάτα, εσείς εκείνη την ίδια στιγμή το γνωρίζετε. Σας θυμίζει μήπως κάτι από τηλεπάθεια; Περί αυτού πρόκειται στον υποατομικό τουλάχιστον κόσμο.

### Το πείραμα της καθυστερημένης επιλογής (the delayed choice experiment)

Η σπουδαιότητα της συνειδητής επιλογής στην διαμόρφωση της “αντικειμενικής” πραγματικότητας φαίνεται πολύ καθαρά στο πείραμα της “καθυστερημένης επιλογής” του John Wheeler. Φανταστείτε μια συσκευή μέσω της οποίας μία δέσμη φωτός χωρίζεται σε δύο, εκ των οποίων η μία ανακλάται από έναν επαργυρωμένο καθρέφτη και η άλλη εκπέμπεται. Στη συνέχεια, οι δύο δέσμες ανακλώνται από δύο κανονικούς καθρέφτες προς ένα κοινό κομβικό σημείο.

Για να εντοπίσουμε την κυματική δομή των φωτονίων που απαρτίζουν τις δέσμες εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο της κυματικής συμβολής και τοποθετούμε ακόμη έναν επαργυρωμένο καθρέφτη στο κοινό κομβικό σημείο. Αυτός φέρει στις δύο πλευρές του φωτοευαίσθητα μετρητικά όργανα. Με αυτόν το τρόπο, οι δύο δέσμες που δημιουργήθηκαν από διαχωρισμό στο πρώτο σημείο, αναγκάζονται τώρα να “επανενωθούν” στην μία πλευρά του τελευταίου καθρέφτη όπου και το όργανο μας δίνει την αντίστοιχη ένδειξη. Η άλλη πλευρά του καθρέφτη παραμένει “νεκρή”, δίνοντας μας μηδενική ένδειξη. Εφόσον εντοπίσαμε μέσω του φαινομένου της κυματικής συμβολής την κυματική φύση των φωτονίων, πρέπει να συμφωνήσουμε πως κάθε φωτόνιο διαχωρίζεται στο πρώτο σημείο του πειράματος και ταξιδεύει μέσω και των δύο διαδρομών –πως αλλιώς θα μπορούσε να υπάρξει συμβολή στο τελευταίο σημείο; Επομένως όταν ο πρώτος καθρέφτης διαχωρίζει την δέσμη στο πρώτο σημείο, κάθε φωτόνιο είναι εν δυνάμει “έτοιμο” να ταξιδέψει και στις δύο διαδρομές.

Εάν τώρα θελήσουμε να ερευνήσουμε την σωματιδιακή δομή των φωτονίων αφαιρούμε τον τελευταίο καθρέφτη από το κοινό κομβικό σημείο έτσι ώστε να αποφύγουμε την συμβολή και τοποθετούμε φωτοευαίσθητα όργανα (Detector X, Y) στο τέλος των δύο ανεξάρτητων διαδρομών που ακολούθησαν οι δέσμες μετά τον διαχωρισμό τους. Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε διαδοχικές ενδείξεις από τα δύο όργανα, οι οποίες μας πληροφορούν για την “άφιξη” φωτονίων είτε μέσω της ανακλώμενης διαδρομής, είτε μέσω της εκπεμπόμενης. Επομένως αυτή την φορά δεν έχουμε καμία σαφή ένδειξη διαχωρισμού του κάθε φωτονίου στο πρώτο σημείο –αντίθετα το κάθε φωτόνιο “επιλέγει” μια διαδρομή και ταξιδεύει μέσω αυτής έως ότου φθάσει στο αντίστοιχο όργανο.



Εικόνα 12: Το πείραμα της καθυστερημένης επιλογής

Η ουσία του πειράματος της “καθυστερημένης επιλογής” κρύβεται στη συνειδητή επιλογή του πειραματιστή. Ας υποθέσουμε πως ο πειραματιστής αποφασίζει την τελευταία στιγμή, στο

τελευταίο κλάσμα του δευτερολέπτου (για την ακρίβεια στα  $10^{-12}$  sec) να εισάγει ή όχι τον επαργυρωμένο καθρέφτη στο κοινό κομβικό σημείο. Τότε τα φωτόνια ήδη έχουν διατρέξει τις διαδρομές τους κι όμως το αποτέλεσμα του πειράματος πάντοτε υποδεικνύει την κυματική δομή των φωτονίων με τον καθρέφτη και την σωματιδιακή δομή αυτών χωρίς τον καθρέφτη. Κάθε φωτόνιο ταξίδευε σε μία ή και στις δύο διαδρομές; Το αναπάντητο αυτό ερώτημα μας κάνει να υποθέσουμε πως τα φωτόνια “αντιδρούν” ακαριαία ακόμη και στην πιο καθυστερημένη μας επιλογή ή, διαφορετικά, πως κάθε ένα από αυτά ταξιδεύει στην μία ή και στις δύο διαδρομές ανάλογα, και τρόπον τινά εκ των προτέρων, με την δική μας επιλογή. Πως άραγε “γνωρίζουν” εκ των προτέρων αυτή την επιλογή; Ο εμπνευστής του πειράματος J. Wheeler έχει πει τα εξής: “Η φύση στο κβαντικό επίπεδο δεν είναι μια μηχανή που εκτελεί το ανηλεές καθήκον της. Αντίθετα, η κάθε απάντηση που παίρνουμε εξαρτάται από το ερώτημα που θέτουμε, το πείραμα που στήνουμε και τα όργανα που χρησιμοποιούμε. Είμαστε αναπόφευκτα εμπλεκόμενοι στην έκβαση η οποία φαίνεται πως συμβαίνει”. Μια ισοδύναμη έκδοση του πειράματος αυτού έχει ήδη πραγματοποιηθεί, μέσω της συσκευής Stern-Gerlach.

### Φιλοσοφία και κβαντομηχανική

Το φιλοσοφικό αντίστοιχο της παραπάνω κατάστασης είναι το εξής: Ενόσω το κβαντικό αντικείμενο δεν παρατηρείται βρίσκεται σε ανεκδήλωτη κατάσταση (ή, όπως λέει η κβαντομηχανική, στη κατάσταση συναφούς υπέρθεσης) – έξω από το χώρο και το χρόνο. Η φιλοσοφία Vedānta αναφέρει αυτή τη κατάσταση ως *parā*. Το κβαντικό αντικείμενο έρχεται στην εκδηλωμένη κατάσταση (που προϋποθέτει χώρο και χρόνο) με την μορφή σωματιδίου, αποκαλύπτοντας δηλαδή τη μια όψη του μέσω της παρατήρησης και ουδέποτε την άλλη. Αυτή είναι μια βασική εκδήλωση της ψευδαπάτης – *māyā*. Στην εκδηλωμένη τώρα μορφή υπάρχει η ψευδαπάτη, δηλαδή η εμφάνιση της σωματιδιακής άποψης του κυματιδίου, η πραγματική φύση του οποίου όμως υπερβαίνει και τις δύο απόψεις (π.χ., η έκφραση “είναι μαύρο και άσπρο ταυτόχρονα” υποδηλώνει ότι το εξεταζόμενο αντικείμενο είναι κάτι άλλο που δεν μπορούμε να περιγράψουμε – επειδή δεν το γνωρίζουμε). Έτσι το κυματίδιο μπορεί

- i) να βρίσκεται σε περισσότερα από ένα “σημεία” κάθε φορά καθόσον βρίσκεται στην ανεκδήλωτη κατάσταση (δεν το παρατηρούμε – πείραμα μοναχικού φωτονίου με δύο σχισμές, πείραμα καθυστερημένης επιλογής),
- ii) να εκδηλώνεται μερικώς μόνον (ως σωματίδιο) στο πεδίο του χώρου και του χρόνου (*māyā*) όταν παρατηρηθεί,
- iii) να παύει να υπάρχει εδώ και ταυτόχρονα να εμφανίζεται εκεί, χωρίς όμως να έχει εμφανισθεί πουθενά στο ενδιάμεσο πεδίο, διότι έχει περάσει στην ανεκδήλωτη κατάσταση από όπου εκδηλώνεται ξανά μέσω της παρατήρησης (κβαντικά άλματα ηλεκτρονίων)
- iv) η “επικοινωνία” δύο κβαντικών αντικειμένων σε συνάφεια να γίνεται έξω από το χωρόχρονο, ενόσω δηλαδή αυτά βρίσκονται στην *parā*, στην ανεκδήλωτη κατάσταση (πείραμα Aspect).

Θα πείτε τώρα τι μας νοιάζει εμάς τι γίνεται στον υποατομικό κόσμο. Ο κόσμος που αντιλαμβανόμαστε είναι ο μακρόκοσμος. Πολύ σωστά. Σήμερα λοιπόν (για την ακρίβεια από το 1928 μέσω της Διδακτορικής Διατριβής του πρίγκιπα Louis de Broglie) γνωρίζουμε ότι η

κυματοσυνάρτηση υπάρχει για όλα τα αντικείμενα στο σύμπαν, από ένα ηλεκτρόνιο, μια αγελάδα, μέχρι έναν πλανήτη. Απλά οι μεταβολές στα μεγάλα μεγέθους αντικείμενα γίνονται πολύ πιο αργά και ανεπαίσθητα <sup>(5)</sup>.

Η κοινή συνιστώσα, ο δράστης σε κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις είναι η δύναμη της Συνειδήσεως όπως αυτή εκδηλώνεται μέσω της ενσυνείδητης παρατήρησης, τελικά αυτό που η φιλοσοφία ονομάζει Βούληση του Απολύτου. Και κλείνουμε το εδάφιο αυτό με ένα βασικό και τελευταίο ερώτημα: Που, σε ποιο “σημείο” ή σε ποιο “χώρο” παρατηρεί τελικά ο Παρατηρητής, δηλαδή εμείς;

### Το παράδοξο της γάτας του Schrödinger

Πολύ ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης το περίφημο παράδοξο της γάτας του Schrödinger. Έχουμε λοιπόν ένα κουτί και μέσα σε αυτό μια γάτα και ένα ραδιενεργό σωματίδιο (για το οποίο ισχύουν οι νόμοι της κβαντομηχανικής) που έχει πιθανότητα 50% να διασπασθεί και να σκοτώσει τη γάτα που έχουμε στο κουτί και πιθανότητα 50% να μην διασπασθεί και να μην σκοτώσει τη γάτα που έχουμε στο κουτί. Το ερώτημα του παραδόξου είναι: “Ποια είναι η κατάσταση της γάτας μετά από μια ώρα;”. Κλασικά εμείς θα απαντήσουμε ότι ή το σωματίδιο έχει διασπασθεί ή δεν έχει διασπασθεί. Η κβαντική μηχανική λέει ότι το σωματίδιο βρίσκεται σε απροσδιόριστη κατάσταση, η κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  λέει ίσως ναι - ίσως όχι. Πρέπει να καταρρεύσει η κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  για να έχουμε απάντηση και αυτό συμβαίνει όπως είπαμε μόνον αν παρατηρήσουμε μέσα στο κουτί. Ποια λοιπόν είναι η σωστή απάντηση στο ερώτημα; Θυμηθείτε ότι το μοναχικό μας φωτόνιο δεν έχει κάποια συγκεκριμένη θέση πριν το παρατηρήσουμε. Η απάντηση λοιπόν στο παράδοξο της γάτας του Schrödinger είναι ότι η γάτα βρίσκεται σε κατάσταση συναφούς υπέρθεσης, δηλαδή είναι ζωντανή και νεκρή <sup>(6)</sup>.

Η κύρια επανάσταση της κβαντομηχανικής πάντως αναφέρεται στην αμφισβήτηση της αρχής της αιτιότητας (causality). Το σύμπαν έτσι όπως το γνωρίζαμε από τη κλασική μηχανική δεν υπάρχει πια. Στη θέση των αιτίων και των αποτελεσμάτων των αρχικών συνθηκών όπως θα λέγαμε, υπάρχουν μέτρα πιθανότητας μέσα σε άπειρες δυνατότητες. Όταν αντιλαμβανόμαστε (παρατηρούμε) κάτι στη δημιουργία προκαλούμε μέσω της παρατήρησης την κατάρρευση της κυματοσυνάρτησής του και το αναγκάζουμε να εκδηλωθεί με συγκεκριμένο τρόπο. Αυτό που αντιλαμβανόμαστε – όπως το αντιλαμβανόμαστε – είναι η δυνατότητα με τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης. Τίποτα δεν αποκλείει – παρά μόνον η πιθανότητα - την εμφάνιση άλλων, άπειρων, δυνατοτήτων. Φαίνεται ότι η ίδια η Συνείδηση μέσω της παρατήρησης προκαλεί την έκβαση Α ή την έκβαση Β στο κόσμο εκεί έξω. Παρόλα αυτά, το σίγουρο είναι ότι δεν αντιλαμβανόμαστε όλοι μας με τον ίδιο τρόπο τον κόσμο, ούτε τον κόσμο εκεί έξω και, πολύ περισσότερο, ούτε τον κόσμο εδώ μέσα. Το γιατί συμβαίνει όμως αυτό σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται στο νου η ιδέα της ξεχωριστής ύπαρξης, του ατομικού εγώ. Αυτό είναι ένα άλλο μεγάλο θέμα, με το οποίο μπορεί κάποιος να ασχοληθεί, στη βάση του ότι ο νους είναι κβαντικού τύπου και τα σχετικά νοητικά φαινόμενα είναι ένας συνδυασμός

<sup>(5)</sup> Αυτό συμβαίνει γιατί τα αντίστοιχα μήκη κύματος είναι αμελητέα σε σχέση με τις διαστάσεις των μακροσκοπικών αντικειμένων

<sup>(6)</sup> Το αν ο νους μας δέχεται αυτήν την άποψη είναι άλλο θέμα. Η αλήθεια στην περίπτωση αυτή είναι ότι η συγκεκριμένη απάντηση είναι πλήρως εναρμονισμένη με την ερμηνεία της Σχολής της Κοπεγχάγης.

κβαντικών φαινομένων και κλασικών μηχανισμών του εγκεφάλου.

Καταληκτικά, μέσα από το πρίσμα θεώρησης που αναπτύχθηκε στα κεφάλαια 4 και 5, εμείς οι ίδιοι είμαστε που τελικά “κατασκευάζουμε” τον κόσμο εκεί έξω.

Πάντως, και οι δύο απόψεις αντίληψης του αισθητού κόσμου που περιγράψαμε συμφωνούν με το εξής: Ο παρατηρητής καθορίζει αυτό που θέλει να εμπειραθεί και σύμφωνα με αυτή τη δήλωση, ο νους διαμορφώνει τον ορατό κόσμο (7) μέσω της βούλησης της Συνειδήσεως. Σύμφωνα και πάλι με τις απόψεις που αναπτύχθηκαν εδώ, αυτό που βλέπουμε αποτελεί μια αντανάκλαση του νου μας και ας μην το ξέρουμε ή δεν το καταλαβαίνουμε. Κάθε μας σκέψη, κάθε μας φαντασίωση, κάθε κίνηση μας είτε εδώ μέσα είτε εκεί έξω είναι κάτι “ζωντανό” το οποίο αλληλεπιδρά με όλο το σύμπαν, με όλα τα πράγματα και όλα τα πλάσματα συνεχώς.

Κάνοντας το τελευταίο μας νοητικό άλμα, ο κόσμος στον οποίο ζούμε και νομίζουμε ότι αντιλαμβανόμαστε είναι ένας κόσμος ονείρου, ένα απατηλό πέπλο. Πίσω από το πέπλο δεν υπάρχουν εμπειρίες. Πίσω από το πέπλο, βρίσκεται ο χώρος στον οποίο εγείρεται και γίνεται η Πρωτο-Παρατήρηση. Έχω την εντύπωση ότι οι ερημίτες μοναχοί του Χριστιανισμού περιγράφουν την *parā* ως κατάσταση του θείου γνόφου.

*“... αυτός είναι και μέσα στους νόες, στις ψυχές και στα σώματα, στον ουρανό και στη γη και μαζί ο ίδιος είναι κατά το ίδιο, εγκόσμιος, περικόσμιος, υπερκόσμιος, υπερουράνιος, υπερούσιος, ήλιος, αστέρας, πυρ, ύδωρ, πνεύμα, δρόσος, νεφέλη, αυτόλιθος και πέτρα, όλα τα όντα και κανένα από τα όντα”.*

**Διονυσίου Αρεοπαγίτου: “Περί θείων ονομάτων”.**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Goswami, A., 1995, *The self-aware universe*, Jeremy Tarcher/Putnam, New York, p. 319
2. Wolf, F.A, 2001, *Mind into matter*, Moment Point Press, p. 176
3. Satinover, J., 2001, *The quantum brain*, John Wiley & Sons, p. 278.
4. Stapp, H.P., 2004, *Mind, Matter and quantum mechanics*, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, p. 297.
5. Al-Khalili, J., 2003, *Quantum - A guide for the perplexed*, (μετάφραση Α. Σπανού) Τραυλός, 278 σελ.
6. Lorimer, D. (ed.), 2004, *Science, Consciousness and Ultimate reality*, Imprint Academic, p. 249.
7. Σ. Τραχανάς, 2002, *Κβαντομηχανική Ι*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 396 σελ.
8. Κ. Ταμβάκη, 2003, *Εισαγωγή στην Κβαντομηχανική*, Leader Books, 599 σελ.
9. Ν. Ταμπάκης, 2003, *Από τη φυσική στη μεταφυσική*, Δαίδαλος, 237 σελ.

---

(7) Η κβαντομηχανική διαδικασία που γίνεται αυτό δεν είναι στην αντίληψη του παρατηρητή και αυτό είναι που δημιουργεί το ατομικό Εγώ, την αίσθηση της ξεχωριστής ύπαρξης. Αυτό όμως αποτελεί ένα άλλο εκτεταμένο και περίπλοκο θέμα.