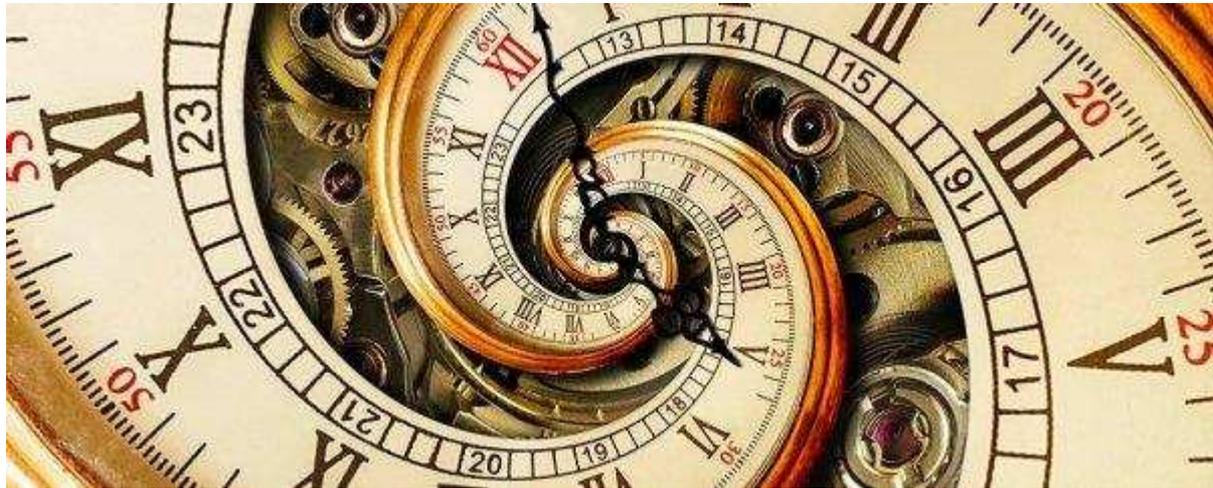


Αναζητώντας το νόημα του χώρου και του χρόνου

 klik.gr/2024/07/08/anazitontas-to-noima-toy-choroy-kai-toy-chronoy/

Κώστας Παπαχρήστου

July 8, 2024



Τι είναι στ' αλήθεια ο χώρος και ο χρόνος; Ίσως το σημείο συνάντησης της φιλοσοφίας με τη φυσική επιστήμη...

Όταν ακούμε τις λέξεις «**χώρος**» και «**χρόνος**» σκεφτόμαστε δύο έννοιες ξέχωρες μεταξύ τους. Κι αυτό είναι αλήθεια για κάθε μεμονωμένο παρατηρητή, που δεν συσχετίζει τα φαινόμενα που εκείνος αντιλαμβάνεται με το πώς τα αντιλαμβάνεται κάποιος άλλος. Βέβαια, σύμφωνα με τη Θεωρία της Σχετικότητας, ο συσχετισμός των παρατηρήσεων δύο παρατηρητών αποκαλύπτει ένα είδος διαπλοκής ανάμεσα στον χώρο και τον χρόνο: ό,τι είναι «χώρος» για τον έναν παρατηρητή μπορεί να είναι «χρόνος» για τον άλλον! Είναι αξιοσημείωτο ότι κάτι παρόμοιο υπαινιχθηκε φιλοσοφικο-πονητικά ο **Βάγκνερ** στον «*Πάρσιφαλ*», πολύ πριν μας το βεβαιώσει ο **Αϊνστάιν**:

«*Βλέπεις, γιε μου, σ' αυτό εδώ το μέρος ο χρόνος γίνεται χώρος!*»

Για να απλουστεύσουμε τα πράγματα, στην παρούσα συζήτηση θα θεωρήσουμε τον χώρο και τον χρόνο σαν δύο αυτόνομες έννοιες, που κάθε μία την αντιλαμβανόμαστε ανεξάρτητα από την άλλη. (Μπορούμε όμως να τις συνδυάσουμε ώστε να ορίσουμε σύνθετα φυσικά μεγέθη, όπως π.χ. η ταχύτητα ενός κινούμενου αντικείμενου.)

Θα πρέπει να τονίσουμε εξαρχής ότι ο χώρος και ο χρόνος δεν αποτελούν φυσικά αντικείμενα, ούτε φυσικά φαινόμενα (μας προειδοποίησε, άλλωστε, γι' αυτό ο Καντ στην «*Κριτική*» του). Συνθέτουν ένα νοητικό πλαίσιο μέσα στο οποίο **αντιλαμβανόμαστε** τα φυσικά αντικείμενα και τα φυσικά φαινόμενα. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο χώρος σχετίζεται με το «**είναι**», ενώ ο χρόνος με το «**γίγνεσθαι**». Και, στο πλαίσιο του «**είναι**» διαχωρίζεται το «**εδώ**» από το «**εκεί**», ενώ, στο πλαίσιο του «**γίγνεσθαι**», το «**πριν**» από το «**μετά**».

Ο χώρος, όμως, χάνει τη σημασία του χωρίς τα αντικείμενα, όπως και ο χρόνος χωρίς τα φαινόμενα. Αν δώσουμε, π.χ., ραντεβού στην Ομόνοια, θα βρεθούμε εκεί ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδρομές με γνώριμα φυσικά χαρακτηριστικά (δρόμοι, σπίτια, δέντρα, κλπ). Αν με κάποιον τρόπο τα αντικείμενα αναφοράς εξαφανίζονταν (και δεν είχαμε στην τσέπη πυξίδα, ούτε μεζούρα για να μετρούμε αποστάσεις) θα ήταν αδύνατο να φτάσουμε στον προορισμό μας. Ο κενός χώρος ανάμεσα στο σημείο που βρισκόμαστε και στην Ομόνοια δεν θα μας έδινε την παραμικρή πληροφορία για να προσανατολιστούμε!

Από την άλλη, ας υποθέσουμε ότι κάποιος σας ζητά να φέρετε στη σκέψη σας το έτος 2004. Ο αριθμός 2004 από μόνος του είναι κενός περιεχομένου, αποκτά όμως περιεχόμενο αν τον συσχετίσουμε με **γεγονότα**, δηλαδή **μεταβολές** σε σχέση με προϋπάρχουσες καταστάσεις. Έτσι, το έτος 2004 ήταν το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο έλαβαν χώρα φαινόμενα όπως οι Ολυμπιακοί Αγώνες της Αθήνας, το ευρωπαϊκό κύπελλο που κατέκτησε η εθνική ομάδα ποδοσφαίρου, το νέο σπίτι που αποκτήσατε, ο γάμος της κόρης σας, κλπ.

Αν όμως σας είχαν κλείσει ολόκληρη τη δεκαετία του 2000 σε ένα δωμάτιο χωρίς ραδιόφωνο, τηλεόραση, διαδίκτυο, πρόσβαση στον Τύπο, και, γενικά, χωρίς την παραμικρή επαφή με τον έξω κόσμο, και μετά σας ζητούσαν να αναφέρετε κάτι για το έτος 2004, είναι βέβαιο ότι δεν θα μπορούσατε να πείτε το παραμικρό, ακόμα κι αν είχατε τη δυνατότητα να ξεφυλλίζετε καθημερινά ένα ημερολόγιο τοίχου! Καμία μεταβολή δεν θα συνέβαινε για εσάς από μέρα σε μέρα κι από χρονιά σε χρονιά μέσα στη δεκαετία του εγκλεισμού σας, και έτσι, κανένα σημείο αναφοράς δεν θα υπήρχε που να δίνει στο «έτος 2004» κάποια ξεχωριστή σημασία...

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να παραθέσω ένα εκτενές απόσπασμα από ένα άρθρο του 2019 στο «*Βήμα*». Θέτει τον χρόνο σε πρώτο πλάνο και εξετάζει αν, κόντρα στο δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, θα μπορούσαμε να τον γυρίσουμε προς τα πίσω...

Τι είναι χρόνος; Αν με ρωτήσει κάποιος, ομολογώ πως δεν έχω πειστική απάντηση. Κατά καιρούς έχω ακούσει χαριτωμένες εκφράσεις του τύπου «το φυσικό φαινόμενο του χρόνου»! Βέβαια, ο χρόνος αυτός καθαυτός δεν είναι φυσικό φαινόμενο. Είναι απλά μία φυσική διάσταση με τη βοήθεια της οποίας περιγράφουμε την δυναμική των φυσικών φαινομένων. Μια διάσταση που μας επιτρέπει να ξεχωρίσουμε το «πριν» από το «μετά», όπως με τις διαστάσεις του χώρου ξεχωρίζουμε το «εδώ» από το «εκεί».

Όμως, τότε μία φυσική κατάσταση αντιστοιχεί στο «πριν», και τότε στο «μετά»; Με άλλα λόγια, πώς ορίζεται το λεγόμενο «βέλος του χρόνου» που προσδίδει στον χρόνο κατεύθυνση από το παρελθόν προς το μέλλον;

Στο φημισμένο βιβλίο του «*Το Χρονικό του Χρόνου*» (“*A Brief History of Time*”) ο **Στίβεν Χόκινγκ** περιγράφει τρεις (εν τέλει, ισοδύναμες) εκδοχές του βέλους του χρόνου:

1. Το θερμοδυναμικό βέλος του χρόνου. Είναι η κατεύθυνση του χρόνου στην οποία μεγαλώνει η αταξία (ή, εντροπία) ενός κλειστού συστήματος σωματιδίων (π.χ., των μορίων ενός ιδανικού αερίου μέσα σε ένα θερμικά μονωμένο δοχείο), σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.
2. Το ψυχολογικό βέλος του χρόνου. Είναι η κατεύθυνση στην οποία αισθανόμαστε ότι ο χρόνος περνά, έτσι ώστε να θυμόμαστε το παρελθόν αλλά όχι το μέλλον.
3. Το κοσμολογικό βέλος του χρόνου. Είναι η χρονική κατεύθυνση κατά την οποία το σύμπαν διαστέλλεται, όπως τουλάχιστον τούτη τη στιγμή συμβαίνει.

Ένα κλασικό θερμοδυναμικό σύστημα αποτελείται από ένα τεράστιο πλήθος σωματιδίων. Σε μικροσκοπικό επίπεδο, οι φυσικοί νόμοι που διέπουν την κίνηση ενός μεμονωμένου σωματιδίου δεν ξεχωρίζουν την κίνηση προς το μέλλον από εκείνη προς το παρελθόν. Αν εξετάσει κάποιος, όμως, την συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος, θα παρατηρήσει ότι μερικές φυσικές διαδικασίες δεν συμβαίνουν ποτέ σε αντίστροφη χρονική τάξη, ακόμα και αν δεν παραβιάζουν φυσικούς νόμους όπως η διατήρηση της ενέργειας. Για παράδειγμα, ενώ μία σταγόνα μελάνης απλώνεται (διαχέεται) μέσα σε ένα ποτήρι με νερό, το αντίστροφο φαινόμενο αυθόρμητου ανασχηματισμού της σταγόνας ποτέ δεν παρατηρείται (εκτός αν το προκαλέσουμε εμείς με κάποια τεχνητή παρέμβαση στο σύστημα).

Η αρχική σταγόνα μελάνης αντιπροσωπεύει μία κατάσταση μέγιστης τάξης: όλα τα μόρια της μελάνης βρίσκονται συγκεντρωμένα σε μία καθορισμένη θέση μέσα στο νερό. Καθώς περνά ο χρόνος, όμως, η τάξη αυτή ολοένα και μειώνεται καθώς τα μόρια της μελάνης διασκορπίζονται μέσα στο νερό. Με άλλα λόγια, με το πέρασμα του χρόνου αυξάνει η αταξία (εντροπία) του συστήματος. Με ανάλογο τρόπο, ένα γυάλινο ποτήρι που πέφτει στο πάτωμα σπάει σε χίλια κομμάτια, τα οποία (δυστυχώς για εμάς αλλά ευτυχώς για τους κατασκευαστές γυαλικών, που θα έμεναν χωρίς δουλειά!) ποτέ δεν επανενώνονται αυθόρμητα ώστε να ξανασχηματίσουν το ποτήρι στην αρχική του μορφή. (Οι γνώστες του αμερικανικού μπιλιάρδου ας δώσουν ένα ακόμα παράδειγμα πορείας από την τάξη προς την αταξία.)

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να κάνουμε μία σημαντική παρατήρηση. Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος, που επιβάλλει την αύξηση της εντροπίας ενός κλειστού συστήματος, είναι ένας στατιστικός νόμος που δεν διέπεται από την απολυτότητα του πρώτου νόμου, ο οποίος εκφράζει την διατήρηση της ενέργειας. Συγκεκριμένα, ο δεύτερος νόμος δεν μας λέει ότι είναι θεωρητικά αδύνατη η – αντικείμενη προς την εμπειρία μας – πορεία από την αταξία στην τάξη, αλλά ότι είναι εξαιρετικά απίθανη. Τόσο απίθανη που, πρακτικά, μπορεί να θεωρηθεί αδύνατη!

Τώρα, σε κλασικό επίπεδο, ο δεύτερος νόμος αφορά συστήματα με πολύ μεγάλο αριθμό σωματιδίων. Και, όσο μεγαλώνει ο αριθμός αυτός, τόσο πιο απίθανη γίνεται η αναστροφή πορεία από την αταξία πίσω στην τάξη – κάτι που, κατά μία έννοια, θα σήμαινε αλλαγή κατεύθυνσης στο ίδιο το βέλος του χρόνου. Φυσικά, όλα αυτά χάνουν το νόημά τους αν έχουμε ένα και μοναδικό σωματίδιο. (Είναι πολύ εύκολο να διαταράξεις την τάξη που εμφανίζουν εννέα καλο-στοιχισμένες μπάλες του μπιλιάρδου, πώς όμως να πετύχεις ανάλογο αποτέλεσμα με μία και μοναδική μπάλα;)

Αυτά με βάση την κλασική φυσική, γιατί η κβαντομηχανική βλέπει τα πράγματα διαφορετικά. Λόγω της φοβερής «αρχής της αβεβαιότητας», ένα κβαντικό σωματίδιο, όπως το ηλεκτρόνιο, δεν εντοπίζεται με απόλυτη ακρίβεια σε κάποιο καθορισμένο σημείο του χώρου αλλά αντιπροσωπεύεται από ένα «κύμα πιθανότητας» που, μαθηματικά, εκφράζεται με την λεγόμενη κυματοσυνάρτηση. Η συνάρτηση αυτή, με τη σειρά της, είναι λύση της εξίσωσης του **Σρέντινγκερ** (Schrödinger). (Παρεμπιπτόντως, ο λαϊκός μύθος ότι «ο Σρέντινγκερ σκότωσε τη γάτα του» είναι απολύτως ανακριβής! Ο Σρέντινγκερ απλά επινόησε ένα νοητικό πείραμα με μία – υποτιθέμενη – γάτα προκειμένου να εκφράσει τον προβληματισμό του για την λεγόμενη «ερμηνεία της Κοπεγχάγης» για την κβαντομηχανική. Προβληματισμό που εξέφρασε με ακόμα πιο έντονο τρόπο ο **Αϊνστάιν**...)

Η κυματοσυνάρτηση, αν μη τι άλλο, δίνει μία εικόνα για το πού περίπου βρίσκεται το σωματίδιο κάποια αρχική χρονική στιγμή. Το πρόβλημα είναι ότι, με το πέρασμα του χρόνου, η εικόνα αυτή προοδευτικά «θολώνει» καθώς η κυματοσυνάρτηση εξαπλώνεται στον χώρο. Έτσι, η σχετική τάξη που αρχικά υπήρχε σε ό,τι αφορά τον προσδιορισμό της θέσης του σωματιδίου, σταδιακά χάνεται, με όμοιο τρόπο όπως χάνεται η αρχική τάξη της σταγόνας μελάνης μέσα στο νερό. Το να επανέλθει αυθόρμητα η κυματοσυνάρτηση στην αρχική της μορφή είναι τόσο απίθανο όσο το να ξανασηματιστεί η σταγόνα της μελάνης μετά την διάχυσή της στο νερό! Όμως, αν πράγματι συμβεί κάτι τέτοιο, θα είναι σαν ο χρόνος για το σωματίδιο να γυρίζει πίσω.

Πρόσφατα (σ.σ: αναφέρεται στο έτος 2019) μία εντυπωσιακή επιστημονική ανακοίνωση ήρθε στην επικαιρότητα. Μία ομάδα ερευνητών από την Ρωσία, τις ΗΠΑ και την Ελβετία θέλησε να μετρήσει την πιθανότητα που έχει ένα μοναχικό ηλεκτρόνιο στον κενό διαστρικό χώρο να ταξιδέψει αυθόρμητα πίσω στο πρόσφατο παρελθόν του. Δηλαδή, οι επιστήμονες έλεγξαν αν ο χρόνος γι' αυτό το ηλεκτρόνιο θα μπορούσε να αντιστραφεί έστω και για ένα απειροελάχιστο κλάσμα του δευτερολέπτου. Ένα τέτοιο φαινόμενο είναι τόσο απίθανο να συμβεί που, θεωρητικά, δεν θα μπορούσαμε να το δούμε περισσότερο από μία φορά σε διάστημα ίσο με την μέχρι τώρα ζωή του σύμπαντος!

Η επιστημονική ομάδα κατόρθωσε, εν τούτοις, να σχεδιάσει μία προσομοίωση της διαδικασίας με τη βοήθεια ενός κβαντικού υπολογιστή, πάνω στον οποίο εφαρμόστηκε ένας προσεκτικά σχεδιασμένος αλγόριθμος. Στην προσομοίωση αυτή, ο χρόνος γύρισε πίσω για πολύ λίγο για το μοναχικό ηλεκτρόνιο, υπερνικώντας

τελικά τις απαγορεύσεις που επιβάλλει ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος. Η «θολή» εικόνα της εξαπλωμένης κυματοσυνάρτησης έδωσε, έτσι, τη θέση της στην αρχική κυματομορφή που θύμιζε πολύ περισσότερο σωματίο με καθορισμένη θέση στον χώρο.

Ήταν σαν τα μόρια της μελάνης μέσα στο νερό να αναζήτησαν τη σταγόνα από την οποία ξεκίνησαν, οι σκορπισμένες μπάλες του μπιλιάρδου να γύρισαν από μόνες τους πίσω στην εναρκτήρια τάξη του παιχνιδιού, ενώ κάπου στο σύμπαν ένας άνθρωπος να ξαναβρήκε (για μία στιγμή και μόνο, δυστυχώς) ένα μικρό κομμάτι από τη νεότητα που είχε χάσει...