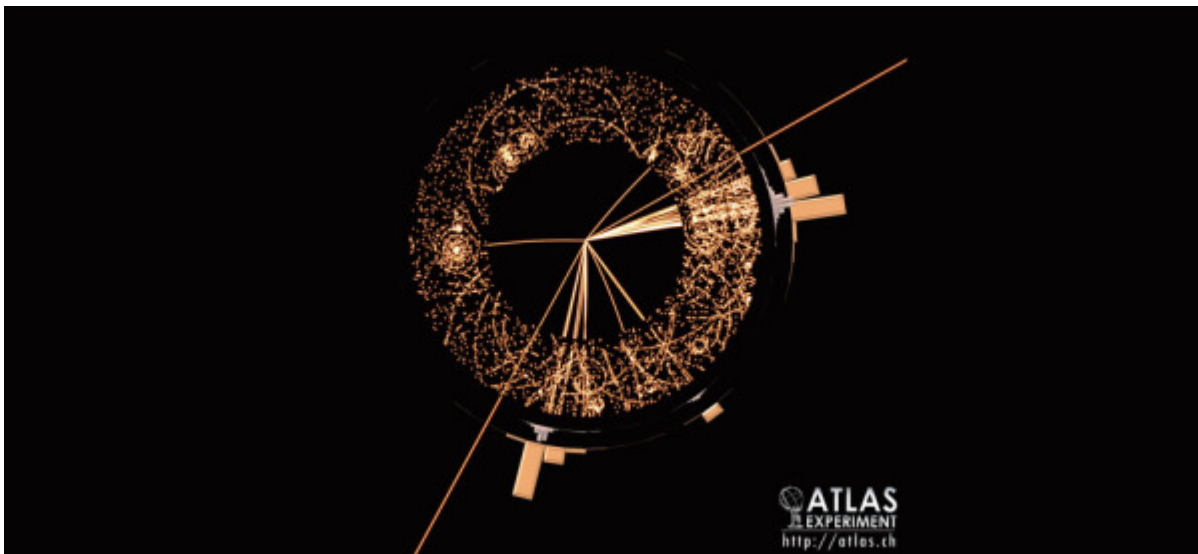


# Τυχαίο, επιστήμη και Heisenberg (αρχή της απροσδιοριστίας)

/ [Πεμπτούσία](#)



Το «τυχαίο» χαρακτηρίζει φαινόμενα τα οποία δεν μπορούν εκ των προτέρων να προβλεφθούν. Για παράδειγμα, όταν ρίχνουμε ένα ζάρι δεν μπορούμε να ξέρουμε εκ των προτέρων τον αριθμό που θα βγει, αν η ρίψη γίνει σωστά και το ζάρι είναι καλά ισορροπημένο. Κατά τον ίδιο τρόπο, ορισμένα φυσικά φαινόμενα δείχνουν απρόβλεπτα: ο κεραυνός, η πτώση μετεωριτών, οι αφύσικα άφθονες βροχές...

Κατά βάθος, το τυχαίο είναι μέρος της καθημερινής μας ζωής και έχουμε συνηθίσει να ζούμε με αυτό. Σε ένα έργο του με τίτλο *Les Probabilités et la vie* (Οι Πιθανότητες και η ζωή) που δημοσιεύτηκε το 1943, ο Emile Borel μίλησε πολύ συγκεκριμένα για το θέμα αυτό (ως «ζωή» εννοείται εδώ η καθημερινή μας ζωή και όχι η ζωή με τη βιολογική έννοια).

Ας εξετάσουμε όμως τη χρήση της λέξης αυτής στις επιστήμες. Διακρίνουμε πέντε κύριες αποδοχές της:

- το «τυχαίο» του φυσικού των σωματιδίων το οποίο παρεμβαίνει, για παράδειγμα, στην ερμηνεία της σχέσης απροσδιοριστίας του Heisenberg,

-το «τυχαίο» του στατιστικού μαθηματικού το οποίο κατατάσσεται ως ένας όρος σφάλματος, ένα είδος «καλάθου αχρήστων» στον οποίο βάζουμε ό,τι διαφεύγει τον έλεγχο του πειραματιστή ή του παρατηρητή,

-το «τυχαίο» του μαθηματικού των πιθανοτήτων το οποίο παρεμβαίνει στη συζήτηση για πειράματα με αβέβαιο αποτέλεσμα, για παράδειγμα τα «παιγνίδια της τύχης» ή άλλες καταστάσεις που μπορούν να αναχθούν σε ένα τέτοιο σχήμα,

-το «τυχαίο» του ψηφιακού μαθηματικού ή του επιστήμονα της πληροφορικής, το οποίο προσομοιάζεται με αλγορίθμους που δημιουργούν ψευδο-τυχαίους αριθμούς (ψηφιακές «ρουλέτες»), και το οποίο επιτρέπει ιδίως να λυθούν αιτιοκρατικά προβλήματα,

-το «τυχαίο» των ειδικών του κινδύνου το οποίο αναφέρεται στα τυχαία φαινόμενα ή περιβαλλοντικά απρόοπτα, κυρίως φυσικής προέλευσης όπως οι πλημμύρες, οι σεισμοί ή οι κατολισθήσεις. Ορισμένα προέρχονται από μάλλον χαοτικές καταστάσεις, όπως για παράδειγμα στη μετεωρολογία. Μιλάμε για «κίνδυνο» όταν η έλευση ενός τέτοιου φαινομένου μπορεί να θέσει σε κίνδυνο αγαθά ή πρόσωπα. Ο όρος χρησιμοποιείται επίσης και σε άλλες πτυχές της καθημερινής ζωής, όπως για παράδειγμα όταν μιλάμε για «οικονομικό κίνδυνο». Μπορούμε επίσης να διευρύνουμε αυτές τις έννοιες σε άλλες κατευθύνσεις κατανόησης, πέρα από την ανθρώπινη. Έτσι, τα ζωντανά συστήματα πάνω στη Γη υφίστανται περιβαλλοντικά απρόοπτα τα οποία μπορούν να τα αλλοιώσουν, έως και να τα κάνουν να διατρέξουν τον κίνδυνο εξαφάνισης.

Σε αντίθεση με ό,τι θα μπορούσαμε να κατανοήσουμε με μια πρώτη διαίσθηση, όλοι οι τρόποι προσέγγισης του απρόβλεπτου χαρακτήρα του αποτελέσματος ενός πειράματος ή ενός φαινομένου διαφέρουν βαθύτατα. Όμως το θαυμάσιο κοινό τους σημείο είναι το γεγονός ότι μπορούμε να τα επεξεργαστούμε μαθηματικά και πρακτικά με τα ίδια θεωρητικά εργαλεία.

Τέλος, η κατάσταση περιπλέκεται λίγο από τη στιγμή της ανακάλυψης του «αιτιοκρατικού χάους», δηλαδή μιας σειράς γεγονότων που δείχνουν να συμβαίνουν τυχαία, αλλά που είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής αλγορίθμων οι οποίοι είναι, εξ ορισμού, απόλυτα αιτιοκρατικοί. Και το θέμα γίνεται ακόμα πιο περίεργο όταν διαπιστώνουμε ότι άλλοι αλγόριθμοι μπορούν να προσομοιώσουν το τυχαίο.

## Η σχέση απροσδιοριστίας του Heisenberg

Κατά τη δεκαετία του 1920, ο Heisenberg, ασχολούμενος με μετρήσεις πάνω στο ηλεκτρόνιο που «περιστρέφεται» γύρω από τον πυρήνα του ατόμου, έθεσε ως αξίωμα ότι δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα τη θέση και την ορμή του με την επιθυμητή ακρίβεια. Αν αυξήσουμε την ακρίβεια της μιας από τις μετρήσεις αυτές, θα μειωθεί αντίστοιχα η ακρίβεια της άλλης. Έτσι λοιπόν, αν προσδιορίσουμε *a priori* μια ορμή, δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε παρά μόνο έναν τομέα του χώρου μέσα στον οποίο το σωματίδιο έχει «μεγάλες πιθανότητες να βρεθεί», πράγμα που με μαθηματικούς όρους σημαίνει μια «πυκνότητα πιθανότητας» παρουσίας του.

Γενικότερα, κατά τους E. Balibar και P. Macherey (E.U. 2003): «Οι απροσδιοριστίες πάνω στις δυο «συζυγείς» μεταβλητές  $p$  και  $q$  (που αντιστοιχούν στην ταχύτητα και την ορμή) δεν είναι ανεξάρτητες. Δεν μπορούμε να επιζητούμε τον προσδιορισμό της μιας από αυτές με μια αυξανόμενη ακρίβεια χωρίς να καθιστούμε από αυτό και μόνο το γεγονός όλο και μεγαλύτερο το σφάλμα που αφορά την άλλη. Οριακά, μια απόλυτη ακρίβεια στον εντοπισμό του σωματιδίου θα αντιστοιχούσε άρα σε μια πλήρως απροσδιόριστη ορμή, και αντιστρόφως. Είναι κατά συνέπεια αδύνατο να οριστεί, με τρόπο που να έχει θεωρητικό νόημα, «η αρχική κατάσταση» της κίνησης ενός σωματιδίου με τρόπο που να επιτρέπει την πρόβλεψη σύμφωνα με το αιτιοκρατικό σχήμα της κλασικής μηχανικής».

Πολλά έχουν γραφτεί και ειπωθεί για αυτή τη «θεμελιώδη» απροσδιοριστία. Δεν είναι στις προθέσεις μας να επεκταθούμε περισσότερο σχετικά, θα διευκρινίσουμε μόνο ότι αφορά ειδικότερα τον κόσμο του απειροελάχιστου, των σωματιδίων. Πρόθεσή μας εδώ είναι να πραγματευτούμε το «τυχαίο» στην κλίμακα των ζωντανών οργανισμών, δηλαδή από το επίπεδο της μοριακής βιολογίας μέχρι αυτό της οικολογίας. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η ιδέα αυτή ταραάζει τα νερά των βεβαιιοτήτων της αιτιοκρατίας.

---

**Παρατήρηση:** το παρόν άρθρο αποτελεί απόσπασμα του βιβλίου: *Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΥΧΑΙΟΥ*

**Συγγραφέας:** ALAIN PAVÉ, ISBN 978-960-531-282-4

**Σχήμα:** 17Χ24, Σελ. : 192, Τιμή: 21,30 ευρώ (με ΦΠΑ 6.5%)

**Εκδόσεις:** ΔΙΑΥΛΟΣ ([www.diavlos-books.gr](http://www.diavlos-books.gr))