

5 Μαρτίου 2012

## Το χάος και η σχετικότητα στον Πουανκαρέ

Επιστήμες / Μορφές της Επιστήμης & της Τεχνολογίας



**Το 2012 συμπληρώνονται 100 χρόνια από το θάνατο του μεγάλου φιλόσοφου και επιστήμονα Jules Henri Poincaré (Nancy 1854 - Παρίσι 1912). Με την αφορμή αυτής ας δούμε σύντομα το σημαντικό έργο του στον χώρο των φυσικών επιστημών.**



Ο Poincaré σπούδασε μεταλλευτική μηχανική, μαθηματικά και φυσική στο Παρίσι. Ξεκινώντας το 1881, δίδαξε στο Πανεπιστήμιο της Σορβόνης. Εκεί κράτησε τις Έδρες της Πειραματικής Φυσικής και Μηχανικής, της Μαθηματικής Φυσικής και της Θεωρίας των Πιθανοτήτων καθώς και της Ουράνιας Μηχανικής και Αστρονομίας. Από το 1887 ήταν μέλος της Ακαδημίας των Επιστημών, από το 1893 μέλος του γραφείου Μέτρων και Σταθμών και από το 1908 μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας.

Κατά τη διάρκεια των σπουδών του στις διαφορικές εξισώσεις, ο Poincaré έκανε χρήση της μη-Ευκλείδειας γεωμετρίας του Lobachevsky. Αργότερα, ο Poincaré εφάρμοσε στην ουράνια μηχανική τις μεθόδους που είχε εισάγει στην διδακτορική του διατριβή, στην οποία επινόησε ένα νέο τρόπο μελέτης των ιδιοτήτων των συναρτήσεων που ορίζονται από τις διαφορικές εξισώσεις. Η έρευνά του σχετικά με τη σταθερότητα του ηλιακού συστήματος άνοιξε την πόρτα για τη μελέτη των χαοτικών ντετερμινιστικών συστημάτων. Και οι μέθοδοι που χρησιμοποίησε οδήγησαν στην Αλγεβρική Τοπολογία.

Ο Poincaré σκιαγράφησε ένα προκαταρκτικό κείμενο της ειδικής θεωρίας της

σχετικότητας και αποφάνθηκε ότι η ταχύτητα του φωτός είναι το όριο της ταχύτητας στη φύση και ότι η μάζα εξαρτάται από την ταχύτητα. Διατύπωσε την αρχή της σχετικότητας, σύμφωνα με την οποία κανένα μηχανικό ή ηλεκτρομαγνητικό πείραμα δεν μπορεί να διακρίνει μεταξύ μιας κατάστασης με ομοιόμορφη κίνηση και μιας κατάστασης με ηρεμία, και παρήγαγε τους μετασχηματισμούς Lorentz.

Το θεμελιώδες θεώρημα του ότι κάθε μεμονωμένο μηχανικό σύστημα επιστρέφει μετά από ένα πεπερασμένο χρονικό διάστημα [ο Χρόνος Επανάληψης του Πουανκαρέ] στην αρχική του κατάσταση, είναι η πηγή πολλών φιλοσοφικών και επιστημονικών αναλύσεων σχετικά με την εντροπία. Τέλος, ξεκαθάρισε πόσο ριζικά διαφορετική είναι η κβαντική θεωρία από την κλασική φυσική.

Ιδιαίτερα μπορεί να αναφερθεί ότι θεμελίωσε τη σύγχρονη τοπολογία και δημοσίευσε, σχεδόν συγχρόνως με τον Αϊνστάιν, μελέτες αναφερόμενες στη θεωρία της σχετικότητας (δυναμική των ηλεκτρονίων).

### **Το πρόβλημα των τριών σωμάτων και το χάος**

Το πρόβλημα των «τριών σωμάτων» αποτελεί την πιο απλή εκδοχή του προβλήματος της αμοιβαίας αλληλεπίδρασης των «πολλαπλών σωμάτων», που επί έναν αιώνα αποτελούσε τον εφιάλτη της νευτώνειας δυναμικής.

Για να μελετήσει αυτή την ασύλληπτης δυσκολίας σπαζοκεφαλιά, ο Poincaré αποφάσισε να υιοθετήσει μια γεωμετρική ή ακριβέστερα μια τοπολογική προσέγγιση του προβλήματος, δηλαδή να αναλύσει τις τροχιές των τριών αλληλεπιδρώντων σωμάτων στο χώρο των φάσεων. Πρόκειται για έναν αφηρημένο μαθηματικό χώρο που αποδεικνύεται εξαιρετικά χρήσιμος και βολικός για την αναπαράσταση περίπλοκων δυναμικών αλληλεπιδράσεων.

Αναλύοντας υπομονετικά τα γραφήματα που προέκυπταν από την είσοδο ενός τρίτου σώματος, κατέληξε στο εξωφρενικό συμπέρασμα ότι μακροχρόνιες προβλέψεις είναι αδύνατες διότι οι μαθηματικές εξισώσεις, δηλαδή οι σειρές που περιγράφουν τις τροχιές των τριών αλληλεπιδρώντων ουράνιων σωμάτων, όχι μόνο δεν συγκλίνουν σε κάποιες προκαθορισμένες θέσεις, αλλά αντίθετα αποκλίνουν!

Πρώτος λοιπόν ο Poincaré έδειξε πόσο ουτοπικό και πρακτικά ανεφάρμοστο ήταν το φιλόδοξο πρόγραμμα της «κλασικής» φυσικής για την ασφαλή πρόβλεψη και την πλήρη ντετερμινιστική περιγραφή όλων των φυσικών φαινομένων. Ανοίγοντας έτσι το δρόμο – χωρίς ίσως να το συνειδητοποιεί και ο ίδιος – για την επέλαση του χάους στη σύγχρονη επιστημονική σκέψη.

Έτσι, ο Poincaré έγινε ο πρώτος που ανακάλυψε ένα χαοτικό ντετερμινιστικό σύστημα. Λαμβάνοντας υπόψη το νόμο της βαρύτητας και τις αρχικές θέσεις μαζί με τις ταχύτητες από τρία μόνο σώματα σε όλο το διάστημα, οι διαδοχικές θέσεις και ταχύτητες είναι σταθερές, έτσι ώστε το σύστημα των τριών σωμάτων να είναι ντετερμινιστικό.

Διαπίστωσε λοιπόν ότι η εξέλιξη ενός τέτοιου συστήματος είναι συχνά χαοτικό με την έννοια ότι μια μικρή διαταραχή στην αρχική κατάσταση, όπως μια μικρή αλλαγή στην αρχική θέση ενός σώματος μπορεί να οδηγήσει σε μια ριζικά διαφορετική τελική κατάσταση, από ό,τι θα παράγεται από ένα αδιατάραχτο σύστημα. Αν η μικρή αλλαγή δεν είναι ανιχνεύσιμη από τα όργανα των μετρήσεων μας, τότε δεν θα είμαστε σε θέση να προβλέψουμε σε ποιά τελική κατάσταση θα φτάσει. Έτσι, η έρευνα του Poincaré απέδειξε ότι το πρόβλημα του ντετερμινισμού και το πρόβλημα της πρόβλεψης είναι δύο διαφορετικά προβλήματα.

Από επιστημονική άποψη τα αποτελέσματα του Poincaré για τα τρία σώματα δεν έλαβαν την προσοχή που τους άξιζε. Η μελέτη του είχε παραμεληθεί έως ότου ο μετεωρολόγος Edward Lorenz, το 1963, επανανακάλυψε ένα χαοτικό αιτιοκρατικό σύστημα ενώ μελετούσε την εξέλιξη ενός απλού μοντέλου της ατμόσφαιρας.

Νωρίτερα, ο Poincaré είχε προτείνει ότι οι δυσκολίες της αξιόπιστης πρόβλεψης του καιρού οφείλονται στην εγγενή χαοτική συμπεριφορά της ατμόσφαιρας. Μια άλλη ενδιαφέρουσα πτυχή της μελέτης του Poincaré είναι η πραγματική φύση της κατανομής στον χώρο των φάσεων των σταθερών και των ασταθών σημείων, τα οποία είναι τόσο αναμεμιγμένα, που δεν μπόρεσε να τα ξεχωρίσει. Τώρα γνωρίζουμε ότι το σχήμα της εν λόγω κατανομής είναι κάτι σαν φράκταλ. Ωστόσο, η επιστημονική μελέτη των φράκταλ ξεκίνησε από τον Benoit Mandelbrot το 1975, έναν αιώνα μετά την πρώτη εικόνα του Πουανκαρέ.

Γιατί όμως η έρευνα του Poincaré παραμελήθηκε και υποτιμήθηκε; Το ζήτημα αυτό έχει ενδιαφέρον, επειδή στον Poincaré απονεμήθηκε το 1889 το έπαθλο του βασιλιά της Σουηδίας Όσκαρ Β΄, ο οποίος προκήρυξε διεθνή διαγωνισμό για τη λύση του προβλήματος των 3 σωμάτων, το οποίο μέχρι τότε το θεωρούσαν άλυτο. Ήταν ένα σημαντικό επιστημονικό βραβείο για την έρευνά του πάνω στην

ουράνια μηχανική και αναγνωρίστηκε ως θεμελιώδους σημασίας.

Πιθανώς υπήρξαν δύο αιτίες για αυτήν παραμέληση και υποτίμηση: οι επιστήμονες και οι φιλόσοφοι πρωτίστως ενδιαφέρονταν για τις νέες επαναστατικές θεωρίες της φυσικής, της σχετικότητας και της κβαντομηχανικής, αλλά ο Poincaré δούλεψε πάνω στην κλασική μηχανική. Επίσης, η συμπεριφορά ενός χαοτικού ντετερμινιστικού συστήματος μπορεί να περιγραφεί μόνο με μια αριθμητική λύση του οποίου η πολυπλοκότητα είναι συγκλονιστική. Χωρίς τη βοήθεια ενός υπολογιστή η λύση γίνεται σχεδόν απελπιστική.

## **Χώρος και Χρόνος**

Σχετικά με το ζήτημα της ύπαρξης τελείως κενού χώρου ή της ύπαρξης αιθέρα μεταξύ των ουράνιων σωμάτων και των συστατικών σωματιδίων των ατόμων (πρωτόνια, ηλεκτρόνια, κλπ. ), ο Poincaré, όπως άλλωστε και ο Αϊνστάιν, δεν δέχεται την ύπαρξη κενού χώρου, δηλαδή χώρου χωρίς ύλη ή εν γένει χωρίς μια άλλη ουσία. Η μέθοδός του στηριζόταν στη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού και περιοριζόταν σε φαινόμενα **συνδεδεμένα με την έννοια ενός παγκόσμιου αιθέρα** που λειτουργούσε ως το μέσο για τη διάδοση του φωτός.

Σχετικά με τον καλούμενο γεωμετρικό χώρο, πρέσβευε ότι η εκλογή των γεωμετρικών αξιωμάτων καθοδηγείται από πειραματικά γεγονότα, μένει όμως ελεύθερη και δεν περιορίζεται παρά μόνο από την ανάγκη να αποφύγουμε κάθε αντίφαση.

Σχετικά με το χρόνο και την πορεία του Κόσμου μέσα σε αυτόν, υποστήριζε ότι ο Κόσμος αναπόφευκτα βαίνει βραδέως προς τον θερμικό καλούμενο θάνατο.

Ο Albert Einstein σε νεαρή ηλικία είχε διαβάσει τα δοκίμια του Poincaré τα οποία τον είχαν επηρεάσει ιδιαίτερα. Όταν συναντήθηκαν στο πρώτο Συνέδριο Solvey, στις Βρυξέλες το 1911, ο Αϊνστάιν ήταν 32 ετών και ο Poincaré 57. Θέμα του Συνεδρίου ήταν η δομή του φωτός και οι περισσότεροι φυσικοί είχαν αποδεχθεί τη Θεωρία της Σχετικότητας.

Ο Poincaré ήταν μία από τις μεγαλύτερες προσωπικότητες του πρώτου Συνεδρίου Solvay, το οποίο ήταν και το μοναδικό στο οποίο παραβρέθηκε διότι σε λιγότερο από ένα χρόνο μετά το Συνέδριο έφυγε από τη ζωή.

Ήταν ο μαθηματικός ενός συνεδρίου στο οποίο κυριαρχούσαν οι θεωρητικοί φυσικοί. Οι σχετικές μάλιστα συζητήσεις που έγιναν στο Συνέδριο για τη φύση της ακτινοβολίας τον παρακίνησαν να επιχειρήσει να αποδείξει μαθηματικά ότι «στον νόμο της ακτινοβολίας του Planck ήταν αναγκαία η εισαγωγή των κβάντα». Το

πέτυχε και μία από τις συνέπειες ήταν η μεταστροφή του Άγγλου James Jeans από αντίπαλο σε υποστηρικτή της κβαντικής θεωρίας.

Αν και δεν έχει καταγραφεί κάποια συνομιλία τους ο Αϊνστάιν έγραψε αργότερα ότι «ο Πουανκαρέ περιορίστηκε σε μια αρνητική στάση και παρά την οξυδέρκειά του δεν φάνηκε να έχει καταλάβει πολλά για το θέμα».

Ωστόσο και παρά τις διαφωνίες τους ο Πουανκαρέ έγραψε ότι «Το μυαλό του κυρίου Αϊνστάιν είναι ένα από τα πιο πρωτότυπα που έχω συναντήσει. Από τη στιγμή όμως που οι αναζητήσεις του στρέφονται προς κάθε κατεύθυνση ορισμένα από τα μονοπάτια που ακολουθεί θα οδηγούν αναπόφευκτα σε αδιέξοδο».

Και είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι ποτέ δεν περιέλαβε τις ανακοινώσεις του Αϊνστάιν για τη Σχετικότητα στη βιβλιογραφία κάποιας εργασίας του. Μέχρι το τέλος της ζωής του, το 1912 σε ηλικία 58 ετών, ο Πουανκαρέ έβλεπε τη θεωρία του Αϊνστάιν ως μία από τις απόψεις που κυκλοφορούν. Προτιμούσε εκείνη του Lorentz με τον αθέρα.

**Πηγή:** [www.physics4u.gr](http://www.physics4u.gr)

<http://bit.ly/11Kabe8>