

ΤΟ ΒΗΜΑ

Science

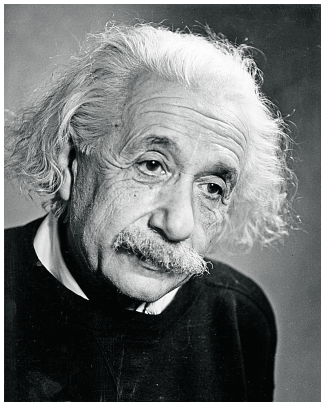


100 χρόνια Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

Η θεωρία που άλλαξε για πάντα τη Φυσική και τον τρόπο σκέψης των επιστημόνων συμπλήρωσε έναν αιώνα ζωής. Ας θυμηθούμε πώς ακριβώς γεννήθηκε

Βάρβογλης Χάρης

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ: 22/11/2015, 05:45 | ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ: 22/11/2015, 05:45



Ο Αϊνστάιν παρουσίασε την οριστική μορφή της θεωρίας του στην Πρωσική Ακαδημία στις 25 Νοεμβρίου του 1915. Φωτογραφία: The New York Times

Στις 25 Νοεμβρίου του 1915 ο Αλμπερτ Αϊνστάιν παρουσίασε στην Πρωσική Ακαδημία Επιστημών τις εξισώσεις της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας (ΓΘΣ). Τα Πρακτικά εκείνης της συνεδρίασης δημοσιεύθηκαν με ημερομηνία 2 Δεκεμβρίου και

από τότε αρχίζει η ιστορία και η εξέλιξη μιας θεωρίας που έμελλε να αλλάξει για πάντα τις έννοιες και τον τρόπο σκέψης στην επιστήμη της Φυσικής. Στο σημαντικότερο αυτό έργο η βασική ιδέα ανήκει αναμφισβήτητα στον Αϊνστάιν, έναν από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών, η συνεισφορά όμως μιας πλειάδας άλλων επιστημόνων δεν ήταν αμελητέα.

Κοινά με τον Αριστοτέλη

Η βαρύτητα είναι σίγουρα ένα φυσικό φαινόμενο που κυριαρχεί στην καθημερινή ζωή μας. Σίγουρα πολλοί σοφοί στο παρελθόν προσπάθησαν να την ερμηνεύσουν, η πρώτη καταγεγραμμένη όμως πλήρης θεωρία ανήκει στον Αριστοτέλη. Κατά τη θεωρία αυτή τα σώματα κινούνται όταν αφεθούν ελεύθερα, επειδή τείνουν να καταλάβουν τη φυσική θέση τους στο Σύμπαν (που εκείνη την εποχή ήταν μόνο η Γη).

Πιο κοντά στο κέντρο της Γης θα έπρεπε να βρίσκονται τα στερεά, πάνω από αυτά τα υγρά, πάνω από τα υγρά τα αέρια και πάνω απ' όλα η φωτιά. Σήμερα η θεωρία αυτή φαίνεται εντελώς αβάσιμη σ' εμάς, που έχουμε μεγαλώσει με τη βαρύτητα του Νεύτωνα, αλλά - όσο κι αν φαίνεται παράδοξο - η θεωρία του Αριστοτέλη έχει κοινά σημεία με τη ΓΘΣ του Αϊνστάιν: και οι δύο προεσβεύουν ότι ο χώρος γύρω μας είναι εφοδιασμένος με μια ιδιότητα που «οδηγεί» την κίνηση των σωμάτων.

Στη θεωρία του Αϊνστάιν αυτή η ιδιότητα είναι η καμπύλωση του χώρου, έτσι ώστε τα

σώματα κινούνται πάντα «ευθύγραμμα», αλλά οι «ευθείες» που ακολουθούν έχουν παραμορφωθεί από την παρουσία της μάζας του Ηλίου, της Γης και των άλλων σωμάτων. Με αυτόν τον τρόπο παρακάμπτεται η «αδυναμία» της θεωρίας του Νεύτωνα, για το πώς η Γη «γνωρίζει» προς τα πού βρίσκεται ο Ήλιος, έτσι ώστε να «νιώσει» μια δύναμη με το σωστό μέγεθος και προς τη σωστή κατεύθυνση.

Η ιδέα της ΓΘΣ ήρθε στον Αϊνστάιν το 1907, ως συνέχεια της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας (ΕΘΣ) που ο ίδιος είχε παρουσιάσει το 1905. Η ΕΘΣ ξεκινάει από την αρχή ότι οι νόμοι της Φυσικής είναι ίδιοι για όλα τα σώματα που κινούνται με *σταθερή ταχύτητα*. Η νέα ιδέα του Αϊνστάιν ήταν ότι το ίδιο θα έπρεπε να συμβαίνει ακόμη και για σώματα που *επιταχύνονται* το ένα ως προς το άλλο. Αλλά η αρχή της ισοδυναμίας, σύμφωνα με την οποία δεν μπορούμε με πειράματα να αντιληφθούμε αν εμείς επιταχυνόμαστε ή αν επιδρά σ' εμάς κάποιο πεδίο βαρύτητας, ήταν ήδη καλά καθιερωμένη. Έτσι, αν ήθελε ο Αϊνστάιν να επεκτείνει τη Σχετικότητα και σε επιταχυνόμενα σώματα, θα έπρεπε η νέα θεωρία του να συμπεριλαμβάνει και τη βαρύτητα, οπότε θα μπορούσε, ίσως, να ερμηνεύσει και κάποια ανωμαλία στην κίνηση του Ερμή που είχαν εντοπίσει ήδη οι αστρονόμοι.

Οι τανυστές και ο Γκρόσμαν

Ο Αϊνστάιν κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η νέα θεωρία θα πρέπει να εκφράζεται με τη βοήθεια μιας νέας μαθηματικής οντότητας, των τανυστών, που είναι η γενίκευση των διανυσμάτων, ποσοτήτων που χαρακτηρίζονται από μέγεθος και διεύθυνση (όπως π.χ. η δύναμη). Οι τανυστές ήταν τα μοντέρνα μαθηματικά της εποχής, μια και είχαν εισαχθεί μόλις το 1900 από τον ιταλό μαθηματικό *Γκρεγκόριο Ρίτσι-Κουρμπάστρο* (Gregorio Ricci-Curbastro). Ο Αϊνστάιν άρχισε να εργάζεται πάνω στη νέα θεωρία από το 1909, χρονιά που παραιτήθηκε από τη δουλειά του στο γραφείο διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας της Ζυρίχης για μια θέση καθηγητή στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης - και αργότερα της Πράγας. Η σημαντική πρόοδος όμως έγινε αισθητή από το 1912, οπότε πήρε μια θέση καθηγητή στο Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας (ETH) και άρχισε να συνεργάζεται με τον παλιό συμφοιτητή του, και βαθύτερο γνώστη της θεωρίας των τανυστών, *Μαρσέλ Γκρόσμαν* (Marcel Grossmann). Αποτέλεσμα αυτής της συνεργασίας ήταν μια κοινή δημοσίευση το 1913, η οποία έχει μείνει στην Ιστορία ως το «προσχέδιο» (Entwurf) της νέας θεωρίας και βασιζόταν σε προγενέστερα αποτελέσματα του αυστριακού φυσικού *Φρίντριχ Κότλερ* (Friedrich Kottler). Η βασική διαφορά του «προσχεδίου» με την «τελική» δημοσίευση της 25ης Νοεμβρίου 1915 είναι η μορφή των εξισώσεων της νέας θεωρίας, η οποία στη νεότερη εργασία παραμένει η ίδια σε *οποιοδήποτε* σύστημα συντεταγμένων.

Το πείραμα του Εντινγκτον

Το καλοκαίρι του 1913, όταν είχε πια ολοκληρωθεί το «προσχέδιο», ο Αϊνστάιν συνεργάστηκε με τον φινλανδό φυσικό *Γκούναρ Νόρντστρεμ* (Gunnar Nordström), ο οποίος είχε δημοσιεύσει ήδη μια θεωρία της βαρύτητας, στο πλαίσιο όμως της ΕΘΣ. Τον Σεπτέμβριο της ίδιας χρονιάς, σε μια διάλεξη που έδωσε στη Βιέννη, ο Αϊνστάιν πρότεινε ένα πείραμα που θα επιβεβαίωνε τη μία ή την άλλη θεωρία: η δική του προέβλεπε ότι η βαρύτητα καμπυλώνει τις φωτεινές ακτίνες, ενώ αυτή του Νόρντστρεμ όχι. Αυτό το πείραμα έγινε το 1919 από τον βρετανό αστρονόμο *Αρθουρ Εντινγκτον*

(Arthur Eddington), ο οποίος επιβεβαίωσε την καμπύλωση που προέβλεπε η ΓΘΣ. Το ίδιο καλοκαίρι ο Αϊνστάιν συνεργάστηκε και με έναν άλλο παλιό συμφοιτητή του, τον *Μισέλ Μπεσό* (Michele Besso), για να ελέγξει αν το «προσχέδιο» μπορούσε να ερμηνεύσει την ανωμαλία στην τροχιά του Ερμή, με αρνητικό όμως αποτέλεσμα. Επίσης διαπίστωσαν ότι το «προσχέδιο» δεν ίσχυε σε περιστρεφόμενα συστήματα συντεταγμένων. Η θεωρία ήθελε βελτίωση...

Ο Χίλμπερτ και το λάθος

Οι εξελίξεις στη θεωρία του Αϊνστάιν άρχισαν να αποκτούν φρενήρη ρυθμό το καλοκαίρι του 1915. Τότε ο μεγάλος γερμανός μαθηματικός *Ντάβιντ Χίλμπερτ* (David Hilbert) είχε προσκαλέσει τον Αϊνστάιν για μια σειρά διαλέξεων, με θέμα την πρόοδο της νέας θεωρίας, στο Πανεπιστήμιο του Γκέτινγκεν (Göttingen). Εκεί ο Αϊνστάιν άρχισε να συνειδητοποιεί, ύστερα και από οξυδερκείς παρατηρήσεις του Χίλμπερτ, ποια ήταν τα προβλήματα της θεωρίας του και πώς θα μπορούσαν να ξεπεραστούν. Με τον φόβο ότι ο Χίλμπερτ, ο οποίος είχε αρχίσει ήδη να εργάζεται ερευνητικά στο ίδιο αντικείμενο, θα τον προλάβαινε, ο Αϊνστάιν έσπευσε να παρουσιάσει στη συνεδρίαση της Πρωσικής Ακαδημίας Επιστημών της 4ης Νοεμβρίου 1915 ένα νέο σύστημα εξισώσεων της θεωρίας του. Στη συνεδρίαση της επόμενης εβδομάδας όμως, στις 11 Νοεμβρίου, αναγκάστηκε να διορθώσει ένα λάθος. Στη συνεδρίαση της 18ης Νοεμβρίου έδειξε ότι η νέα θεωρία μπορούσε να ερμηνεύσει πολύ ικανοποιητικά την ανωμαλία της τροχιάς του Ερμή και, τελικά, στη συνεδρίαση της 25ης Νοεμβρίου παρουσίασε την οριστική μορφή των εξισώσεων της ΓΘΣ. Επειτα από πολλές συνεργασίες, αλλαγές και συμπληρώσεις, η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας ήταν πια γεγονός.

Ο κ. Χάρης Βάρβογλης είναι καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ.

ΕΝΤΥΠΗ ΕΚΔΟΣΗ

 Εκτύπωση

© Δημοσιογραφικός Οργανισμός Λαμπράκη Α.Ε.

Το σύνολο του περιεχομένου και των υπηρεσιών του site διατίθεται στους επισκέπτες αυστηρά για προσωπική χρήση. Απαγορεύεται η χρήση ή επανεκπομπή του, σε οποιοδήποτε μέσο, μετά ή άνευ επεξεργασίας, χωρίς γραπτή άδεια του εκδότη.