

Στη στήλη «Αντί βιβλίο-παρουσίασης» θα παρουσιάζονται βιβλία που σχετίζονται με το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών είτε με τη διδασκαλία τους. Ενημερώστε τη συντακτική επιτροπή για βιβλία που θα θέλατε να παρουσιάσετε από τη στήλη αυτή στέλνοντας ηλεκτρονικό μήνυμα στη διεύθυνση physcool@auth.gr

Ο Feynman, ο Νεύτων και η Γεωμετρία.

Ελένη Παλαιολόγου

Αντί βιβλίο-παρουσίασης του: *David & Judith Goodstein (1997) Η χαμένη διάλεξη του Feynman. (Μετάφραση: Π. Αγαπάκη). Εκδόσεις Κάτοπτρο.*

Ιδιοφυής, εκκεντρικός, χιουμορίστας, αντικομφορμιστής, χαρισματικός δάσκαλος της Φυσικής, μουσικός, φαρσέρ, χομπίστας της διάρρηξης χρηματοκιβωτίων εγγράφων, μυθιστοριογράφος, θαμώνας ενός όχι και τόσο ευυπόληπτου κλαμπ, μάγος της Φυσικής, είναι μερικές “συστάσεις” που αντλούνται από τη βιβλιογραφία για την προσωπικότητα του Feynman. Ο Νομπελίστας του 1965 Richard Feynman(1918-1988) είναι επίσης διάσημος για τις περίφημες διαλέξεις του στο Caltech στις αρχές της δεκαετίας του 1960, (The Feynman lectures on Physics¹) που εκδόθηκαν σε τρεις τόμους και εξακολουθούν να αποτελούν διδακτικό υλικό σε πολλά πανεπιστήμια του κόσμου και πηγή έμπνευσης για συγγραφείς, καθηγητές και φοιτητές.

Ο Σερ Ισαάκ Νεύτων είναι από τους διάσημους που γεννήθηκαν σε ...δύο χρονιές. Τα Χριστούγεννα του 1642 σύμφωνα με το Ιουλιανό ημερολόγιο που χρησιμοποιούσαν στην Αγγλία και στις 4 Ιανουαρίου του 1643 σύμφωνα με το Γρηγοριανό ημερολόγιο που βρισκόταν σε χρήση σε άλλες χώρες (Westfall, 1999). Είναι ένας από τους θεμελιωτές των σύγχρονων βασικών μαθηματικών εργαλείων, δηλαδή του διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού, αλλά και της κλασικής φυσικής, της οποίας έθεσε τις βάσεις στο τέλος του 17ου αιώνα κυρίως μέσα από το μνημειώδες έργο του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας).

Το Principia είναι γραμμένο στα πρότυπα της Ελληνικής γεωμετρίας, με ορισμούς, αξιώματα, λήμματα και ευρεία χρήση γεωμετρικών αποδείξεων. Σε κάποια αποτελέσματα έχει καταλήξει με τη χρήση αναλυτικών μεθόδων, είτε γνωστών στην εποχή του, είτε επινοημένων από τον ίδιο. Οι μαθηματικές τεχνικές που χρησιμοποιεί, μας λέει ο Emilio Segre, δεν διευκολύνουν τον σημερινό μελετητή και όπως ομολόγησε ο Νεύτων σε ένα φίλο του, σκοπίμως έγραψε τους νόμους δυσνόητους

ώστε να γίνονται κατανοητοί μόνο από ικανούς μαθηματικούς (Segre, 2001, σ. 80-81). Αυτή η στάση του συμβαδίζει με το κλίμα της εποχής και με τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του Νεύτωνα.

Οι επιστημονικοί κύκλοι της εποχής του Νεύτωνα ήταν πεπεισμένοι ότι οι κινήσεις των πλανητών ήταν αποτέλεσμα μιας δύναμης που πήγαζε από τον Ήλιο και η οποία οδηγούσε τους πλανήτες σε ελλειπτικές τροχιές όπως είχε προβλέψει ο Κέπλερ (Johannes Kepler) περίπου 70 χρόνια νωρίτερα. Κανείς όμως δεν το είχε αποδείξει. Ο Νεύτων σε μία πραγματεία εννέα σελίδων απέδειξε ότι η υπόθεση πως η βαρύτητα ακολουθεί κάποιο νόμο αντίστροφου τετραγώνου, σε συνδυασμό με ορισμένες θεμελιώδεις αρχές της δυναμικής, εξηγεί όχι μόνο όλους τους νόμους του Κέπλερ² αλλά και πολλά άλλα. Έθεσε έτσι τις βάσεις της ουράνιας μηχανικής, ενώνοντας τους νόμους του Κέπλερ με την μηχανική του Γαλιλαίου σε ένα ενιαίο μαθηματικό πλαίσιο.

Περίπου τριακόσια χρόνια μετά, το 1964, ο Feynman έδωσε μια διάλεξη στους πρωτοετείς φοιτητές του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Καλιφόρνιας με θέμα την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο. Προσπαθώντας να εξηγήσει δηλαδή γιατί οι πλανήτες ακολουθούν ελλειπτικές τροχιές. Αυτή η διάλεξη του Feynman είχε μαγνητοφωνηθεί και απομαγνητοφωνηθεί, είχαν ληφθεί φωτογραφίες από τα σχήματα του μαυροπίνακα και στο τέλος ... χάθηκε! Όταν τελικά βρέθηκε μετά από πολλά χρόνια, αποτέλεσε το θέμα βιβλίου με τίτλο «Η χαμένη διάλεξη του Feynman» (Goodstein, 1997).

Στο σημείο αυτό είναι ώρα να αποκαλυφθούν μερικά πολύ σημαντικά και ενδιαφέροντα στοιχεία που θα ανακαλύψει ο επιμελής αναγνώστης του βιβλίου.

Πρώτον. Παρ' όλο που η απόδειξη αυτή είναι σχετικά εύκολο να γίνει με ανώτερα μαθηματικά, τα οποία ας θυμηθούμε ότι μας τα προσέφερε ο ίδιος ο Νεύτων και ο Leibniz «*οι δυο μεγάλοι επινοητές του απειροστικού λογισμού*» (Katz, 2013, σ. 596), ο Νεύτων επέλεξε να χρησιμοποιήσει ορισμένες “μυστηριώδεις” ιδιότητες των κωνικών τομών.

Δεύτερον. Η χρήση της γεωμετρίας ως αποδεικτικής μεθόδου για ένα τέτοιο θέμα, πιθανότατα εντυπωσίασε τον Feynman, ο οποίος προσπάθησε να ακολουθήσει την απόδειξη του Νεύτωνα. Να τα ίδια του τα λόγια κατά την διάρκεια της διάλεξης: «*Προτιμώ να σας παρουσιάσω μια απόδειξη για την ελλειπτικότητα των τροχιών με ένα τρόπο παράξενο, μοναδικό και διαφορετικό απ' ό,τι έχετε συνηθίσει. Πρόκειται να κάνω αυτό που αποκαλώ στοιχειώδη απόδειξη. Όμως “στοιχειώδης” δεν σημαίνει και ευκολονόητη. “Στοιχειώδης” σημαίνει ότι προαπαιτούνται ελάχιστες γνώσεις για να την κατανοήσετε, όμως χρειάζεται άπειρη ποσότητα ευφυΐας.*» (Goodstein, 1997, σ. 169)

Τρίτον. Κατάφερε να παρακολουθήσει τον τρόπο απόδειξης του Νεύτωνα αλλά μόνο μέχρι ένα ορισμένο σημείο. Όπως ομολογεί ο ίδιος κατά την διάρκεια της διάλεξης, «*η απόδειξη που μόλις είδατε αποτελεί ακριβές αντίγραφο εκείνης του Νεύτωνα στα Principia Mathematica και η εφευρετικότητα και η απόλαυση που ίσως δοκιμάσατε, αλλά ίσως και όχι, από αυτήν είναι η ίδια που υπήρχε ανέκαθεν. Τώρα, η υπόλοιπη απόδειξη δεν προέρχεται από το Νεύτωνα, γιατί εγώ δεν μπορούσα να την*

παρακολουθήσω πολύ άνετα, επειδή εμπλέκει στο επιχείρημά του τόσο πολλές ιδιότητες των κωνικών τομών. Έτσι σκάρωσα κάποια άλλη.» (Goodstein, 1997, σ. 179)

Στη διάλεξή του ο Feynman, αναλύει όλες τις προαπαιτούμενες γνώσεις για την έλλειψη και ακολούθως στρέφεται στις δυνάμεις και στις κινήσεις που προκαλούν, χρησιμοποιώντας το ίδιο διάγραμμα από τα Principia του Νεύτωνα. Ο Νεύτων, χωρίζει την τροχιά των πλανητών σε στοιχειώδη τμήματα που αντιστοιχούν σε ίσα χρονικά διαστήματα. Στο σημείο πέρα από το οποίο ο Feynman αδυνατεί να παρακολουθήσει το σκεπτικό του Νεύτωνα, εισάγει τη δικιά του ευφύεστατη γεωμετρική ανατροπή. Διαιρεί την τροχιά σε τμήματα που αντί να αντιστοιχούν σε ίσα χρονικά διαστήματα, φαίνονται υπό ίσες γωνίες από τον Ήλιο. Μια κίνηση που σχολιάσθηκε ως «... λαμπρή, τελείως απρόβλεπτη κίνηση κάποιας σκακιστικής μεγαλοφυΐας.» (Goodstein, 1997, σ. 130)

Ο Feynman ολοκληρώνει την γεωμετρική του απόδειξη και καταλήγει:

«... όπως όλες οι στοιχειώδεις αποδείξεις – όπως κάθε γεωμετρική απόδειξη – απαιτούσε πολλή εφευρετικότητα. Από τη στιγμή που το ανακαλύπτεις, όμως, έχει μια κομψή απλότητα. ... Όμως η απλότητα σε όλη τούτη την ιστορία είναι ότι κατασκευάσατε ένα είδος προσεκτικά συναρμολογημένου πάζλ. ... Δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιείς τη γεωμετρική μέθοδο για να ανακαλύπτεις πράγματα. Είναι πολύ δύσκολο, όμως, αφού επιτύχεις τις ανακαλύψεις, η κομψότητα των αποδείξεων είναι πράγματι εξαιρετική.» (Goodstein, 1997, σ. 188)

Ας επισημανθεί το γεγονός, ότι η Ευκλείδεια γεωμετρία εμφανίζεται αναπάντεχα σε πολλές απαιτητικές αποδείξεις της Φυσικής. Πέρα από την πρακτική της όμως σημασία, αποτελεί ένα εξαιρετικό διανοητικό εργαλείο, μια απολαυστική άσκηση του μυαλού και ο Feynman μας το θύμισε πολύ εύστοχα και παράλληλα μας δίδαξε τη στάση που πρέπει να διακατέχει όλους τους μελετητές από τον μικρότερο μαθητή μέχρι τον Νομπελίστα της Φυσικής. Ομολογεί χωρίς κόμπλεξ ότι δεν μπόρεσε να παρακολουθήσει την απόδειξη του Νεύτωνα. Όμως δεν εγκατέλειψε. «... σκάρωσα κάποια άλλη», λέει με αφοπλιστική αθωότητα και απλότητα.

Ένα διανοητικά επίπονο βιβλίο, που τελικά θα ανταμείψει τον επιμελή αναγνώστη με μαθηματικές ανησυχίες και θα αποτελέσει πηγή έμπνευσης για καθηγητές Φυσικής και Μαθηματικών.

Παραπομπές

1. Το 2009 δημοσιεύθηκε η Ελληνική έκδοση από τις εκδόσεις “Τζιόλα”. Βλέπε και διεύθυνση <http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>
2. Μπορείτε να δείτε κινούμενες αναπαραστάσεις των νόμων του Κέπλερ στη διεύθυνση: <http://science.sbccc.edu/physics/flash/Keplers%20Laws.html>

Βιβλιογραφικές αναφορές

- David & Judith Goodstein, (1997). *Η χαμένη διάλεξη του Feynman*. Εκδόσεις Κάτοπτρο.
- Katz, V. J. (2013). *Ιστορία των μαθηματικών*. Π.Ε.Κ.
- Segre, E. (2001). *Ιστορία της Φυσικής. Από την πτώση των σωμάτων έως τα ραδιοκύματα* (Vol. A). Εκδόσεις Δίαυλος.
- Westfall, R. (1999). *Η ζωή του Ισαάκ Νεύτωνα*. Π.Ε.Κ.



Η Ελένη Παλαιολόγου γεννήθηκε το 1966 και κατοικεί στη Μυτιλήνη. Σπούδασε στο Φυσικό τμήμα του Α.Π.Θ. και στο μεταπτυχιακό τμήμα του Ε.Α.Π «Εξειδίκευση καθηγητών Φυσικών επιστημών». Από το 2007 υπηρετεί στο Γε.Λ. Αγιάσου – Λέσβου. Διετέλεσε επί πενταετία συνεργάτης του Ε.Κ.Φ.Ε. Λέσβου. Κατά τη διδασκαλία επιχειρεί να συνδυάσει Τ.Π.Ε και πείραμα. Διατηρεί τον ιστότοπο <http://elepa.me>