

Βιβλιοκρισία της Δ. Χριστοπούλου για το

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ, ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ Ή ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΕΝΤΕΛΕΙ; (εκδόσεις Ευρασία, 2016)

του Γ. Ευαγγελόπουλου

Στο 67-σελιδο πόνημα με τίτλο *Μαθηματικά, θεωρητική ή πρακτική επιστήμη εντέλει;*, ο Γ. Ευαγγελόπουλος θέτει το ερώτημα σχετικά με την *εφαρμοσιμότητα* των μαθηματικών και την αλληλεπίδρασή τους με άλλες επιστήμες και επιχειρεί να αναδείξει τη σχέση μεταξύ του *θεωρητικού* και του *πρακτικού* χαρακτήρα των μαθηματικών. Το εν λόγω κείμενο βασίζεται κυρίως στην ομιλία του ίδιου στην 17^η Επιστημονική Συνάντηση Ρευματολόγων Βορειοδυτικής Ελλάδος στις 30-31 Ιανουαρίου 2015 στα Ιωάννινα, καθώς και στην ομιλία του στο πλαίσιο εκδήλωσης για τα Μαθηματικά που πραγματοποιήθηκε στις 21 Ιανουαρίου 2015 στο Ίδρυμα Ευγενίδου.

Το θέμα της δυνατότητας εφαρμογής των μαθηματικών στις (άλλες) επιστήμες (applicability issue) καταλαμβάνει ένα όχι ευκαταφρόνητο μέρος της βιβλιογραφίας και της αρθρογραφίας της σύγχρονης φιλοσοφίας των μαθηματικών. Τα σύγχρονα ρεύματα αυτού του φιλοσοφικού κλάδου επιχειρούν απαντήσεις στο ερώτημα γιατί τα μαθηματικά είναι εφαρμόσιμα με την γνωστή επιτυχία που χαρακτηρίζει τις εφαρμογές τους. Στο ερώτημα αυτό, ο *λογικισμός*, ο *στρουκτουραλισμός*, ο *νατουραλισμός*, οι διάφορες εκδοχές του *ρεαλισμού* αλλά και ο *αντιρεαλισμός*, στην εκδοχή του *νομιναλισμού*, έχουν επιχειρήσει διάφορες απαντήσεις. Ωστόσο, το βιβλίο του Γ. Ευαγγελόπουλου δεν συζητά τις εν λόγω προσεγγίσεις και τους λόγους που αυτές προβάλλουν για την εφαρμοσιμότητα των μαθηματικών στα άλλα επιστημονικά πεδία. Για μία φιλοσοφική διερεύνηση του θέματος, ο συγγραφέας ορθώς συνιστά το βιβλίο του M. Steiner¹. Για να δείξει ο ίδιος τον τρόπο που ο *θεωρητικός* και ο *πρακτικός* χαρακτήρας των μαθηματικών συνυπάρχουν και συμπράττουν στις εφαρμογές, παραθέτει μια σειρά από ιστορικά προσδιορισμένα γεγονότα αλληλεπίδρασης των μαθηματικών με τη φυσική, τη βιολογία, την ιατρική αλλά και άλλες επιστήμες που δεν συμπεριλαμβάνονται στις θετικές όπως πχ. η νομική. Τα παραδείγματα αυτά *δείχνουν* ότι τα μαθηματικά εφαρμόζονται με επιτυχία σε πλήθος επιστημονικών περιοχών αλλά και αντίστροφα, επηρεάζονται και ενισχύονται από αυτές. Επιπλέον, ο συγγραφέας υπενθυμίζει τη γνώμη του διακεκριμένου μαθηματικού Α. Φωκά, σύμφωνα με τον οποίο τα μαθηματικά τυποποιούν την ικανότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου για *αφαίρεση*. Στο χαρακτηριστικό αυτό των μαθηματικών αποδίδεται η επιτυχής εφαρμοσιμότητα των μαθηματικών στις επιστήμες που περιγράφουν τον κόσμο. Ο Φωκάς πιστεύει ότι αυτό συμβαίνει επειδή «ο εγκέφαλος «κατασκευάζει» ό,τι είναι βασικό και αντιπροσωπευτικό μιας συγκεκριμένης κατηγορίας» (από τη διάλεξη του Α. Φωκά με θέμα “The importance of Unconscious Processes”).

Ο Ευαγγελόπουλος εκκινεί από τη σχέση των μαθηματικών με τη φυσική και την ικανότητα των μαθηματικών να περιγράφουν τα φυσικά φαινόμενα με απaráμιλλη γλωσσική αυστηρότητα και ακρίβεια. Στο πλαίσιο της σχέσης μεταξύ μαθηματικών και φυσικής, αναφέρεται στην επισήμανση του Φάινμαν ότι η συναγωγή μαθηματικών συμπερασμάτων από ένα σύνολο προσεκτικά διατυπωμένων μαθηματικών αξιωμάτων

¹ M. Steiner (2002) *The applicability of mathematics as a philosophical problem*, Massachusetts, Harvard University Press

είναι δυνατή, ακόμα και χωρίς τη γνώση της σημασίας των χρησιμοποιούμενων λέξεων, κάτι που οφείλεται στην αφηρημένη παραγωγική συλλογιστική των μαθηματικών. Όμως, στην φυσική, απαιτείται η γνώση της σύνδεσης των λέξεων με τον φυσικό κόσμο και η μετάφραση των αποτελεσμάτων της αντίστοιχης συλλογιστικής στα «υλικά» των πειραμάτων, κάτι που καθιστά αναγκαία την κατανόηση της φυσικής σημασίας των εφαρμοζόμενων όρων. Ως προς τη συγκεκριμένη διαπίστωση του Φάινμαν πρέπει να σημειωθεί ότι η παρατήρησή του προϋποθέτει μια φορμαλιστική αντίληψη για τα μαθηματικά η οποία τονίζει κυρίως τη *συντακτική* πλευρά της μαθηματικής γλώσσας και την παραγωγική αποδεικτική διαδικασία.

Ο Ευαγγελόπουλος αναφέρεται επίσης στον Χάιζενμπεργκ και στην επιστημολογική του αρχή ότι ο ορισμός των φυσικών μεγεθών πρέπει να αποτελεί συνάρτηση της διαδικασίας μέτρησής τους. Έννοιες που δεν έχουν πειραματικό αντίκρουσμα θα πρέπει να αποβάλλονται ως «μεταφυσικές οντότητες», σύμφωνα με τον Χάιζενμπεργκ. Κατά συνέπεια, η διατύπωση των κβαντικών νόμων απαιτεί μαθηματική ποσοτικοποίηση για τη διενέργεια πειραμάτων ενώ αυτή με τη σειρά της, χρειάζεται επίσης μία τεχνική διατύπωση της μετάπτωσης από την κβαντική κατάσταση n στην κβαντική κατάσταση m , πράγμα που τελικά οδήγησε στον σχηματισμό της τετραγωνικής «μήτρας» με δείκτη γραμμής n και δείκτη στήλης m . Μάλιστα, για να δώσει έμφαση ο συγγραφέας στο συγκεκριμένο επιχείρημα για τον ρόλο που έπαιξε η κβαντική θεωρία στη διαμόρφωση των μαθηματικών «μητρών», παραθέτει ένα απόσπασμα από ομιλία του ίδιου του Χάιζενμπεργκ στο Harvard σχετικά με την επινόηση της «θεωρίας των μητρών (πινάκων)» στο πλαίσιο της κβαντομηχανικής. Ο Ευαγγελόπουλος επιδιώκει να δείξει ότι όχι μόνο η φυσική χρησιμοποιεί τη μαθηματική γλώσσα για τις ακριβείς διατυπώσεις της αλλά και τα ίδια τα μαθηματικά αναπτύσσονται περαιτέρω μέσω συγκεκριμένων επινοήσεων που λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο των θεωριών της φυσικής και για τις ανάγκες της φυσικής επιστήμης. Κατά συνέπεια, όταν τα μαθηματικά εφαρμόζονται στην φυσική επιστήμη, επηρεάζονται τα ίδια και αναδιαμορφώνονται κατάλληλα.

Προς επίρρωση αυτού του ισχυρισμού, συνεχίζει τις αναφορές του σε μαθηματικά που επινοήθηκαν στο πλαίσιο φυσικών θεωριών, όπως η θεωρία χορδών. Ο συγγραφέας αναρωτιέται μήπως η εκπληκτική εφαρμοσιμότητα των μαθηματικών στη συγκεκριμένη περίπτωση οφείλεται στο ότι η θεωρία χορδών αποτελεί μάλλον μαθηματική θεωρία παρά φυσική θεωρία. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1970, η φυσική χρησιμοποιούσε στον φορμαλισμό της, τις ήδη υφιστάμενες μαθηματικές δομές. Αυτό ισχύει πχ. για την χρήση της γεωμετρίας Ρήμαν στη Γενική θεωρία της Σχετικότητας. Ωστόσο, στη συνέχεια, έχει παρατηρηθεί ότι ακόμα και τα «καθαρά» μαθηματικά χρησιμοποιούν εννοιολογικά εργαλεία που διαμορφώθηκαν στο πεδίο της φυσικής. Ως παραδείγματα, ο συγγραφέας αναφέρει τη χρησιμότητα των θεωριών βαθμίδος για την επίλυση τοπολογικών προβλημάτων από τους Atiyah και Donaldson, τη σύζευξη της θεωρίας των κόμβων και της στατιστικής μηχανικής και την απόδειξη της εικασίας “monstrous moonshine” των Conway και Norton. Επίσης αναφέρεται στο γεωμετρικό πρόγραμμα Langlands και στις εκπληκτικές εφαρμογές του στην αλγεβρική γεωμετρία και στην κβαντική θεωρία πεδίου.

Μια άλλη εκδοχή της αλληλεπίδρασης μεταξύ μαθηματικών και φυσικών επιστημών που συζητά ο συγγραφέας είναι η περίπτωση κατά την οποία δεν διατίθενται αρχικώς τα μαθηματικά που χρειάζονται για την επίλυση κάποιων μαθηματικών προβλημάτων της φυσικής αλλά όταν αυτά τελικώς αναπτυχθούν, επιφέρουν «απροσδόκητες» συνέπειες στον έλεγχο του φυσικού φαινομένου. Θεωρεί ότι ένα τέτοιο απροσδόκητο αποτέλεσμα

διαπιστώνουμε στην περίπτωση της απόδειξης της *καθολικής μη γραμμικής ευστάθειας* του χώρου Μινκόφσκι από τον Δ. Χριστοδούλου και τον S. Klainerman. Το «απροσδόκητο» - όπως χαρακτηρίζεται- επακόλουθο αυτής της απόδειξης αφορά μια εφαρμογή στη φυσική, το γνωστό ως «φαινόμενο μνήμης» (“Christodoulou memory effect”). Κατά την αποκατάσταση του χωροχρόνου ως επίπεδου μετά την παρέλευση των βαρυτικών κυμάτων, η (μη τετριμμένη) σχέση μεταξύ του τελικού επίπεδου χωροχρόνου και του αρχικού επίπεδου χωροχρόνου συνδέεται με την παρατήρηση του φαινομένου μίας μόνιμης μετατόπισης των πειραματικών μαζών ενός ανιχνευτού βαρυτικών κυμάτων. Ο ίδιος ο Χριστοδούλου εξήγησε το φαινόμενο σε συνέντευξη που έδωσε στο ΒΗΜΑ το 2012 μιλώντας για την ερευνητική του εργασία και για τη σχέση μαθηματικών και φυσικής: «...Ουσιαστικά μια αρχική διαταραχή στο υφάδι του χωροχρόνου διαδίδεται (όπως η διαταραχή που προκαλείται σε μια ήσυχη λίμνη από το ρίξιμο μιας πέτρας) σε κύματα, τα βαρυτικά κύματα. Όμως, όπως έδειξα στη συνέχεια με άλλη εργασία, υπάρχει μια λεπτή διαφορά ως προς το παράδειγμα της λίμνης. Γιατί ενώ ο χωροχρόνος γίνεται ξανά επίπεδος, όπως και το νερό της λίμνης, μετά το πέρασμα των κυμάτων ο τελικός (και «επίπεδος» πια) χωροχρόνος σχετίζεται κατά μη-τετριμμένο τρόπο με τον αρχικό, κάτι που έχει ως συνέπεια ένα παρατηρήσιμο φαινόμενο, την μόνιμη μετατόπιση των πειραματικών μαζών ενός ανιχνευτή βαρυτικών κυμάτων».² Έτσι, από την απόδειξη της μη γραμμικής ευστάθειας του χώρου Μινκόφσκι προέκυψε η διαπίστωση του περίφημου «φαινομένου μνήμης» σχετικά με τη μη γραμμική φύση των βαρυτικών κυμάτων. Ο Ευαγγελόπουλος παραθέτει ένα απόσπασμα από ομιλία του Χριστοδούλου στην Κρήτη, όπου εκείνος εξηγεί τη σχέση που είχε η προαναφερθείσα ανακάλυψη με ένα γεωμετρικό αναλλοίωτο το οποίο επίσης είχε ανακαλύψει. Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις κινήσεως πειραματικών μαζών σε χωροχρόνο με συγκεκριμένες ασυμπτωτικές ιδιότητες, διαπίστωσε ότι το εν λόγω γεωμετρικό αναλλοίωτο που είχε ανακαλύψει αντιστοιχούσε σε μόνιμη μετατόπιση πειραματικών μαζών.

Σχετικά με τη βιολογία και ειδικότερα με τη θεωρία της εξέλιξης, ο συγγραφέας αναφέρεται στην εργασία των Χ. Παπαδημητρίου, Α. Livnat, Ν. Rippenger και Μ. W. Feldman με θέμα έναν αλγόριθμο (γνωστό ως «αλγόριθμο του σεξ») ο οποίος εξηγεί τον τρόπο συμπεριφοράς των γονιδίων κατά τη δημιουργία νέων βιολογικών συνδυασμών. Σε αντίθεση με τη θεωρία του «εγωιστικού» γονιδίου του R. Dawkins, ο τρόπος συμπεριφοράς των γονιδίων που υποδεικνύεται από τον εν λόγω αλγόριθμο δείχνει μια προτίμηση προς κατανομές 50-50% η οποία και θυμίζει οικονομική επένδυση σε πολλές μετοχές. Είναι ανάλογος, δηλαδή, με τη συμπεριφορά του επενδυτή ο οποίος με σύνεση επιδιώκει μια περίπου ισομερή κατανομή της επένδυσής του σε πολλές μετοχές και κατόπιν αναπροσαρμόζει τη δράση του ανάλογα με το βάρος της κάθε μετοχής. Ο Ευαγγελόπουλος επικαλείται στο σημείο αυτό τον βιολόγο Α. Perelson ο οποίος επισημαίνει την ολοένα και πιο στενή επικοινωνία της βιολογίας με τα μαθηματικά καθώς και τον Μ. Reed ο οποίος θεωρεί ότι και η βιολογία από την πλευρά της θέτει ερωτήματα προς τα μαθηματικά. Αυτή η ολοένα και πιο έντονη αλληλεπίδραση συνδέεται με α) τη δυνατότητα μέτρησης βιολογικών μεγεθών που αναπτύχθηκε τα τελευταία είκοσι πέντε χρόνια και β) τη χρήση μαθηματικών εννοιολογικών εργαλείων από τις διαφορικές εξισώσεις, τη θεωρία

² Για τη συνέντευξη του Χριστοδούλου βλ. <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=455087>, 29/4/2012. Βλ. και *Αντίφωνο*, «Δημήτρης Χριστοδούλου: ο μαθηματικός του σύμπαντος», Ιούνιος 2012. Επίσης το βιβλίο παραπέμπει στην ερευνητική εργασία D. Christodoulou (1991) “Nonlinear nature of gravitation and gravitational-wave experiments”, Phys.Rev.Lett. 67 (12), 1486-1489.

γραφημάτων και τη θεωρία των κόμβων στην έρευνα των βιολογικών συστημάτων. Αντίστροφα, η γενετική συνετέλεσε σε εξελίξεις στην περιοχή της στατιστικής, της θεωρίας πιθανοτήτων και της συνδυαστικής. Στο ίδιο πλαίσιο, ο Ευαγγελόπουλος αναφέρει επίσης τη γνώμη του διακεκριμένου μαθηματικού Α. Φωκά σχετικά με την εφαρμοσιμότητα των μαθηματικών, σύμφωνα με τον οποίο ο ρόλος των μαθηματικών στο πεδίο της φυσικής είναι *αποφασιστικός* ενώ στο πεδίο της βιολογίας είναι *υποστηρικτικός*.

Σε ό,τι αφορά την ιατρική, ο Ευαγγελόπουλος αναφέρεται στον Π. Α. Ιωαννίδη, καθηγητή παθολογίας, έρευνας και πολιτικής υγείας στο πανεπιστήμιο Stanford και στο επίτευγμά του της ανάπτυξης του κλάδου της *μετα-ανάλυσης* σχετικά με τη διερεύνηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών μελετών και των μεθοδολογιών τους. Το πολυδιαβασμένο άρθρο του “Why most published research findings are false” (στο *PLoS Medicine*) αναδεικνύει ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει ποσοτικοποίηση μεγάλων μεροληψιών και σφαλμάτων σε διάφορες μεθόδους και τελικώς υπολογίζει την πιθανότητα ενός ερευνητικού ευρήματος να είναι αληθές κάτω από διαφορετικές συνθήκες και με διαφορετικές ομάδες ενασχόλησης με ένα συγκεκριμένο ερευνητικό ζήτημα. Πρόκειται για διάγνωση μιας «διάχυτης σφαλερότητας» στην βιοϊατρική έρευνα, όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Ευαγγελόπουλος, την οποία ο Ιωαννίδης έκανε έκδηλη, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι στα ερευνητικά πεδία που συγκεντρώνουν μεγάλο ενδιαφέρον και συγχρόνως πολλές ομάδες ερευνητών, ο κίνδυνος σφάλματος είναι μεγαλύτερος. Επίσης, ο συγγραφέας εξαιρεί την αποτελεσματικότητα της μαθηματικής μοντελοποίησης και της προσομοίωσης της μοριακής δυναμικής σε υπολογιστές στο πεδίο της φαρμακευτικής. Το ενδιαφέρον στην περίπτωση των επιστημών της υγείας είναι ότι η πολυπλοκότητα των βιολογικών συστημάτων και της αλληλεπίδρασής τους με τα φάρμακα προσεγγίζεται και περιγράφεται με μαθηματικά μοντέλα πολλών παραμέτρων, μέσω στατιστικών κατανομών και προσομοιώσεων που προσαρμόζονται στην ιδιαιτερότητα διαφορετικών συνθηκών και πληθυσμών, προσεγγίσεων μη γραμμικής παλινδρόμησης και προτύπων διασποράς. Η φαρμακομετρία χρησιμοποιεί μοντελοποίηση μεικτών επιδράσεων και κατάλληλα υπολογιστικά προγράμματα, ενώ κατάλληλες διαφορικές εξισώσεις επιτυγχάνουν να περιγράψουν την κινητική των φαρμάκων.

Στη συνέχεια, ο συγγραφέας στρέφεται προς τη σχέση των μαθηματικών με τις κοινωνικές επιστήμες και αναφέρεται ειδικότερα στην ποσοτική μέθοδο μελέτης των κοινωνικών φαινομένων που προϋποθέτει επαρκή γνώση και κατάρτιση σε μαθηματικούς κλάδους όπως η στατιστική και η θεωρία πιθανοτήτων, η θεωρία παιγνίων και η θεωρία ορθολογικής επιλογής. Στην περίπτωση των οικονομικών, ενδιαφέρεται μάλιστα για τον ρόλο της θεωρητικής πληροφορικής και της θεωρίας αλγορίθμων σε θέματα θεωρίας παιγνίων. Γι αυτό, αναφέρεται στην «ισορροπία Nash» με βάση τη σχετική εργασία των Κ. Δασκαλάκη, Χρ. Παπαδημητρίου και P. W. Goldberg και επισημαίνει την ανάπτυξη ενός υποκλάδου της θεωρίας αλγορίθμων, των «αλγοριθμικών οικονομικών». Σημαντικό είναι ότι στόχος των Δασκαλάκη και Παπαδημητρίου είναι ο σχεδιασμός των κανόνων του παιγνίου με τέτοιο τρόπο ώστε οι ισορροπίες να μην υπονομεύουν αρχές όπως η ελεύθερη διακίνηση της πληροφορίας και η προστασία της ελευθερίας του λόγου.

Ο συγγραφέας ισχυρίζεται επίσης ότι τα μαθηματικά έχουν εφαρμογή στη νομική επιστήμη. Επισημαίνει κατ' αρχάς ότι στο πλαίσιο της νομικής επιχειρηματολογίας γίνεται συχνά χρήση της στατιστικής ή της θεωρίας πιθανοτήτων σε ό,τι αφορά τη διαβάθμιση της δικανικής απόδειξης. Με βάση το έργο της S. Haack, αναρωτιέται σχετικά με την λειτουργία των επιστημονικών ενδείξεων, τον ρόλο της δικανικής απόδειξης και τη διαβάθμισή της, την

δυνατότητα εφαρμογής της διαψευσιοκρατικής προσέγγισης του K. Popper και τον αναιρετικό έλεγχο της ποινικής απόδειξης. Ως προς το σημαντικό φιλοσοφικό ερώτημα σχετικά με τη χρησιμότητα της διαψευσιμότητας στην δικανική απόδειξη, αναφέρει την άποψη του ακαδημαϊκού N. Ανδρουλάκη ότι η διαψευσιμότητα με τη μεγάλη της θεωρητική και πρακτική σημασία οφείλει να εντάσσεται στη φιλοσοφία του αναιρετικού ελέγχου της απόδειξης. Αναφέρεται επίσης στον καθηγητή του Δημοσίου Δικαίου Π. Παυλόπουλο (Πρόεδρο της Ελληνικής Δημοκρατίας) και στο ενδιαφέρον του για τη «γεινίαση» μεταξύ του πεδίου της νομικής και των θετικών επιστημών, καθώς και στη μελέτη του Καθηγητού Ποινικού Δικαίου Χ. Μυλωνόπουλου σχετικά με τη συμβολή της θεωρίας αποφάσεων σε νομικά ζητήματα όπως η περίπτωση της περιουσιακής βλάβης.

Ως προς τη σχέση μεταξύ των μαθηματικών και της φιλοσοφίας, ο συγγραφέας αναφέρει τη γνώμη του καθηγητού της φιλοσοφίας των μαθηματικών Δ. Αναπολιτάνου για τη γεινίαση της φιλοσοφίας με τα μαθηματικά παρά την μεθοδολογική ρευστότητα της φιλοσοφίας. Και στα δύο πεδία η επικύρωση δεν είναι εμπειρικής προέλευσης όπως επίσης και στα δύο πεδία υιοθετείται η επιλογή θεωρητικών συστημάτων πρώτων αρχών (αξιωμάτων) και η παραγωγική συμπερασματική μέθοδος. Επιπλέον, στην αναλυτική φιλοσοφία και ειδικότερα σε περιοχές της όπως πχ. η φιλοσοφία της επιστήμης, η γνώση μαθηματικών είναι απαραίτητη και η ίδια η επιχειρηματολογία αυστηρή και εξαιρετικά τεχνική.

Είναι φανερό ότι το εν λόγω πόνημα διαθέτει πλούτο πληροφοριών σχετικά με τις εφαρμογές των μαθηματικών σε ένα πλήθος επιστημονικών πεδίων από τις φυσικές επιστήμες μέχρι τη νομική, την οικονομία και άλλες κοινωνικές επιστήμες. Ιδιαίτερα, επιχειρεί να προσδιορίσει αλληλεπιδράσεις μεταξύ των άλλων επιστημών και των μαθηματικών από τις οποίες και τα ίδια τα μαθηματικά έχουν κέρδος, μάλιστα συχνά, σε θεωρητικό επίπεδο. Έτσι, ο *θεωρητικός* και ο *πρακτικός* χαρακτήρας των μαθηματικών δείχνουν αλληλένδετοι. Θα μπορούσε να συναχθεί από τον αναγνώστη το συμπέρασμα ότι η *θεωρία* των μαθηματικών εμφιλοχωρεί στις φυσικές εξηγήσεις επιφέροντας συγκεκριμένες εκλεπτύνσεις χάρη στην εννοιολογική της αυστηρότητα και ακρίβεια και έπειτα επιστρέφει στον εαυτό της πλουσιότερη από πλευράς τόσο περιεχομένου όσο και μεθοδολογίας. Ο συγγραφέας σταχυολογεί απόψεις διακεκριμένων επιστημόνων ειδικών στα αντίστοιχα επιστημονικά πεδία, με την κατάθεση της δικής τους εμπειρίας για την στενή σχέση διαφόρων μαθηματικών θεωριών με τα εν λόγω πεδία και τον ρόλο που τα μαθηματικά παίζουν στον έλεγχο και την επικύρωση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων. Πρόκειται για μία ακόμα καλαίσθητη έκδοση του εκδοτικού οίκου *Ευρασία*, με γενικότερο ενδιαφέρον.